



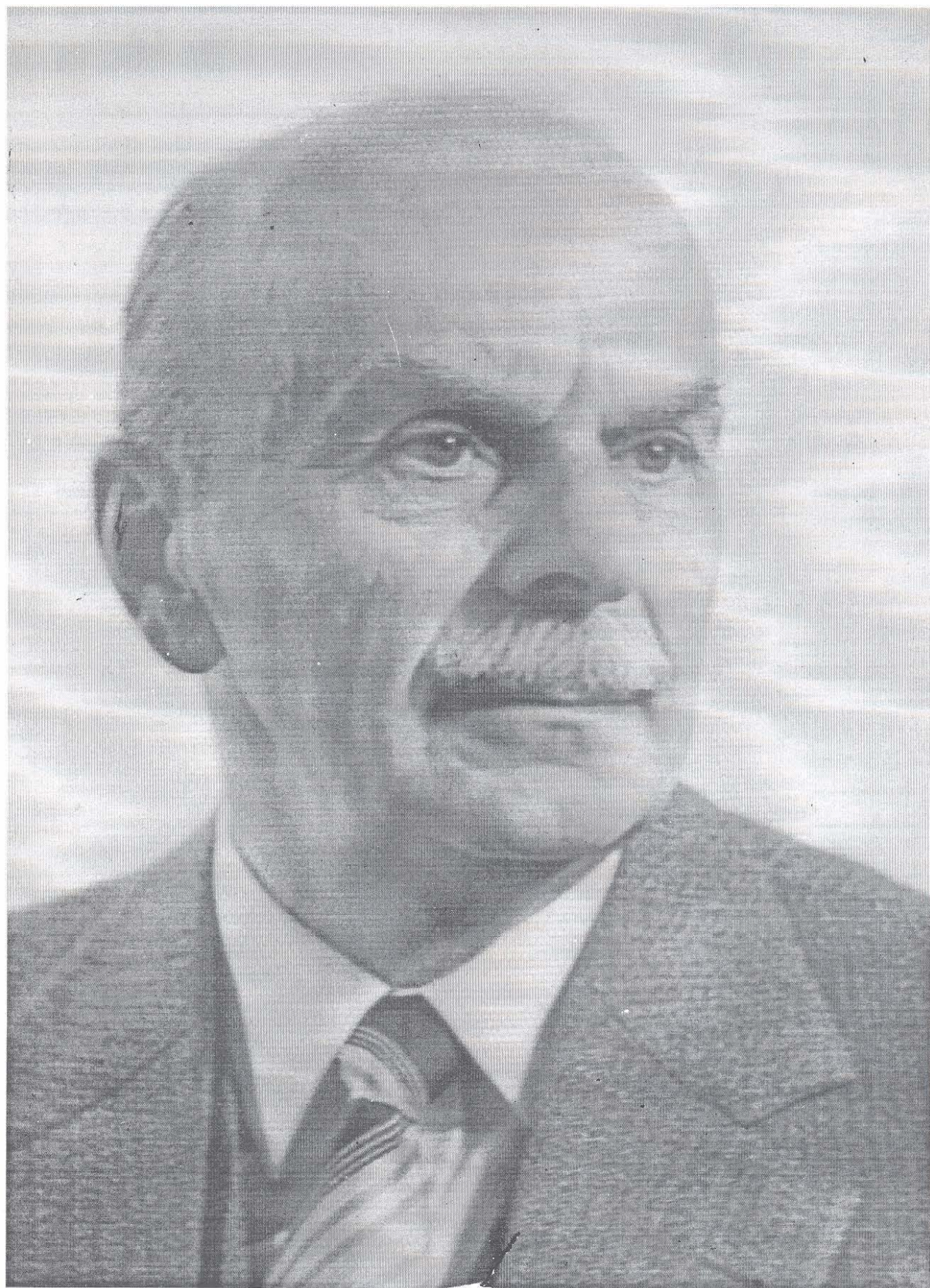
Rujan

80 godina akademika Milana
Heraka

Scientometrijska analiza
znanstvenika Instituta "Ruđer
Bošković"

Znanstvene 'babe' i 'žabe'
Temeljne prirodne stalnice
(konstante)

I virusi imaju (svoje) parazite!
Čovjek i računallo u šahu





"Rugjer" je hrvatski mjesečnik za promicanje znanosti.

Izdaje ga "Lucidar" d. o. o., Šubićeva 18, HR-10000 Zagreb, (direktorica Lucija Krčmar), u suradnji s Nakladnom kućom "Dr. Feletar", Trg mladosti 8, HR-48000 Koprivnica i uz potporu Agencije za posebni otpad, "Enconet", d.o.o., Instituta "Otvoreno društvo - Hrvatska", Instituta "Ruder Bošković", Nezavisnog sindikata znanosti i visokog obrazovanja i "Plive" d.d.

Uredništvo: Zvonimir Jakobović, Tomislav Krčmar (glavni i odgovorni urednik), Nenad Prelog, Vilim Ribić, Rajka Rusan i Srećko Šoštarčić (tehnički urednik)

Naslov uredništva: "Rugjer", Dombrovska 21/II., stan Krčmar, HR-10000 Zagreb, telefon (01) 576-407
Obavijesti i na telefon: (01) 456-10-56
E-mail: tkrcmar@olimp.irb.hr

Cijena pojedinog broja 25 kuna.
Pretpлата za 6 brojeva 135 kuna a za 12 brojeva 250 kuna.

Za inozemstvo dvostruko.

Uplata na račun: 30101-603-33054
(Zavod za platni promet)

"Rugjer" je prijavljen u Odjelu za informiranje Ministarstva kulture Republike Hrvatske i upisan pod brojem 1199. Mišljenjem Ministarstva kulture (Urbroj: 532-03-1/7-96-01) "Rugjer" je oslobođen od plaćanja poreza na promet.

izdavačko vijeće:

Josip Aralica, Zvonimir Baletić, Marko Branica, Nikola Cindro, Nikola Čavlina, Stjepan Čuić, Božidar Etlinger, Dragutin Feletar, Milan Herak, Radovan Ivančević, Franjo Kajfež, Boris Kamenar, Juraj Kolarić, Tomislav Krčmar, Pavao Novosel, Gjuro Njavro, Krešimir Pavelić, Krunoslav Pisk, Valentin Pozaić, Vilim Ribić, Vlatko Sliobrić, Radan Spaventi, Damir Subašić i Zvonimir Šikić.

Slog i priprema za tisak: "Lucidar" d.o.o.
Tisak: Tiskara M&D, HR-10000 Zagreb, IV. trnjske ledine 10

<http://www.znanost.hr/mzt/hrv/info/rugjer.html>



Godište II.

18. svibnja 1997.

Broj 8

2 Riječ urednika

tema broja

- 3 Ivan Gušić i Vladimir Jelaska: 80 godina akademika Milana Heraka
- 5 Stjepan Bahun i Božidar Biondić: Herakov pristup istraživanju krša
- 8 Vladimir Tomić: Herakov pogled na geotektoniku Dinarida
- 10 Jakov Radovčić: 'Herakov' špiljski medvjed
- 13 Milan Herak: Naš odnos prema znanosti

pabirci

- 14 Tomislav Krčmar: Čovjek i računalo u šahu
- 16 ... s Interneta

o znanosti i o znanstvenicima

- 17 Mladen Andreis: 2. Scientometrijska analiza Instituta "Ruder Bošković" (1975. - 1995.)
- 27 Zdravko Števcic: Znanstvene 'babe i žabe'
- 31 Darko Polšek: Društvena procjena znanosti i tehnologije
***: Državne nagrade znanstvenicima

članci

- 32 Nikola Juretić: I virusi imaju (svoje) parazite
- 35 Zvonimir Jakobović: Temeljne prirodne stalnice
- 41 Đuro Miljanić: Akceleratori
- 43 Zvonimir Jakobović: Kako se nekoć mjerilo ... ploštinu

Autori važnijih članaka u ovom broju "Rugjera" su:

dr. Mladen Andreis, Institut "Ruder Bošković", Zagreb
prof. dr. Stjepan Bahun, Geološki odsjek PMF, Zagreb
dr. Božidar Biondić, Institut za geološka istraživanja, Zagreb
akademik Ivan Gušić, Geološki odsjek PMF, Zagreb
akademik Milan Herak, umirovljeni redovni profesor PMF, Zagreb
Zvonimir Jakobović, dipl. ing., Leksikografski zavod "Miroslav Krleža", Zagreb
prof. dr. Vladimir Jelaska, Geološki odsjek PMF, Zagreb
prof. dr. Nikola Juretić, Biološki odsjek PMF, Zagreb
dr. Đuro Miljanić, Institut "Ruder Bošković", Zagreb
mr. Jakov Radovčić, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb
dr. Zdravko Števcic, CIM-Rovinj Instituta "Ruder Bošković"
dr. Vladimir Tomić, Geološki odsjek, Geološko-paleontološki zavod, PMF, Zagreb

Slike na omotu

Naslovna stranica: Samarske stijene, vapnenci dogerske starosti
(snimio Vladimir Tomić)

Druga (unutarnja) stranica: Akademik Milan Herak

Treća (unutarnja) stranica: Temeljne prirodne stalnice (CODATA 1986.)

Četvrta (zadnja) stranica: Elektronska snimka štapičaste čestice virusa TMV-a s poliedričnim česticama satelitnog virusa
(uz članak "I virusi imaju svoje parazite")

Riječ urednika

Na žalost, poštovani čitatelju ili čitateljice, već činjenica da ovaj 8. broj "Rugjera" toliko kasni (trebao se pojaviti još 18. ožujka) dovoljno jasno govori o nerješivim problemima što su se, izgleda, prepriječili njegovu daljnjem izlaženju. Vrijeme kašnjenja potrošeno je za uistinu brojne razgovore i pregovore s valjda svima koji bi iole mogli poduprijeti redovito izlaženje - ali oni su, do sada se tako čini, bili uzaludni. Pitanje što ga postavljam sebi (pa i vama) već neko vrijeme još uvijek nema jasna i nedvojbeni odgovora: treba li nekome časopis što ima namjeru a valjda pomalo i uspjeva promicati znanost dobilo je odgovor riječima jednoga od vodećih ljudi Ministarstva znanosti. On je ne samo rekao nego i napisao da Ministarstvo znanosti, zapravo, nema načina podupirati časopis za promicanje znanosti te da ne vidi načina kako bi se dalje moglo pomagati izdavanje "Rugjera".

Priprema i tiskanje ovakvog časopisa vrlo je skup pothvat što i te kako dobro znade svatko tko je o tome iole ozbiljnije razmišljao a kamoli ako je to i pokušao napraviti. Na žalost Republika Hrvatska daleko je premalo tržište za takva izdanja a i hrvatskim jezikom služi se, zapravo, vrlo malo ljudi, pogotovo onih koje bi te teme istinski zanimala. Svakako, valjda nema onoga tko ne bi pomislio da će u ovo vrijeme što se često naziva razdobljem znanstveno-informatičke revolucije mnogi željeti saznati što to u stvari jest i što se nova na tome polju događa - ali, iskustvo kazuje da je to neopravdano veliki optimizam i da u nas nema mnogo onih koje znanost uopće zanima.

Mnogo je razloga tome i nije prigoda da se o njima rasporeda, no čini se da je krivnja i u onih koji bi po prirodi svojega posla trebali nastojati upravo suprotno. Priče da u nas svaki iole nadareniji student već mnogo prije diplomiranja razmišlja gdje će u svijetu najbolje nastaviti baviti se onime za što se u nas školuje - dosadne su već i vrapcima na grani. No, da to zapravo iako iznenađujuće odgovara i onima najodgovornijima - ipak je vrlo neugodno iznenađenje. Dogodilo mi se prije nešto više od godine dana da sam se i te kako iznenadio kad sam od dekanice jednog od najuglednijih zagrebačkih fakulteta čuo kako se hvali time što su njezini upravo diplomirani studenti lako našli mjesta i u uglednim ustanovama u inače vrlo zatvorenoj Švicarskoj.

Naravno, vrlo je pohvalno da su diplomirani studenti zagrebačkih fakulteta tako dobro obrazovani da to cijene i oni najstroži u svijetu.

Ali, nešto je posve drugo ako smo mi u Hrvatskoj zadovoljni da najnadareniji naši mladi odlaze u svijet - i nitko ne može posve nedvojbeno obećati hoće li se i kad vratiti doma. Slične važnosti je i činjenica da je nekoliko godina za vrijeme jednog od prethodnih ministara glavni znanstveni politički stožer bio gotovo nepropusno zatvoren za novinare i bilo kakvo obavješćavanje javnosti o stanju u našoj znanosti. Istina, sadanji ministar i javno je obećavao da će na tome polju biti uskoro mnogo bolje, tvrdio je da oni koji daju novac za znanost i te kako imaju pravo znati što se s tim novcem čini, obećavao je i neke već odavno prošle rokove do kada bi se to trebalo poboljšati - ali, čini se da u tome ipak nije bilo mnogo sreće. Jednostavno, ništa se ne popravlja, barem iz Ministarstva znanosti nema za to pobude niti potpore. Jedino se službeno tvrdi da nema novaca za časopis za promicanje znanosti - iako se gotovo istodobno raspisuje natječaj za potporu 'popularizaciji znanosti'. No, možda je razlog tome što promičba baš i nije popularizacija.

Razlog bi, istina, mogao biti, iako se to valjda iz opreza ne kaže, i loš časopis što ne odgovara željenoj svrsi - pa stoga i ne zaslužuje da ga se podupire. U tome slučaju, valjda, lako bi bilo naći tko bi mogao i želio napraviti bolji a ne bi, čini se, smjelo biti ni problema s prodajom takvog, boljeg časopisa za tako zanimljive i privlačne teme. Istina, i MOST, interno glasilo što je pokrenuto za međusobno obavješćavanje unutar znanstvene zajednice, pojavljuje se u posljednje vrijeme vrlo rijetko iako bi ga trebalo biti neusporedivo lakše uređivati i priređivati, ali ... barem je u prvo vrijeme izlazio približno svakih mjesec ili dva. Ipak, možda će se i to jednoga dana popraviti, valjda onda kad se nešto stišaju previranja unutar znanstvene zajednice izazvana nedavnim prihvaćanjem novih, trogodišnjih znanstvenih tema i programa. Jer, tko je vidio da sada kada znanstvenici zbunjeni i iznenađeni brojnim novostima i promjenama što ih je u sustav ugovaranja posla i njegova plaćanja unijelo novo doba čeznu za objašnjenjima - dobiju ih na takav jednostavan i normalan način.

No, možda je to i normalno i razumljivo u društvu u kojem znanost

zanima toliko malo ljudi - osim samih znanstvenika, i to ne svih. Samo, što će to donijeti sutra - i tko će to tada mnogo skuplje plaćati?

Zapravo, možda je odgovor i u onome što je uredništvu "Rugjera" nedavno napisao jedan ugledni izvanzagrebački znanstvenik:

"Zar se moglo nešto drugo i očekivati. Dobro je dok se ide niz dlaku, a ako ne - zlo i naopako." Naravno, ovaj urednik nije tako naivan da to i prije nije znao pa i napisao. Ali, barem je vjerovao da bi u interesu znanosti i onih koji je vode moralo biti poznavanje činjenica i namjera da se loše popravi ...

Istina, ima još nekih malih mogućnosti da se ipak dobije potpora za daljnje izlaženje. Hoće li se to ostvariti, vidjet ćete na jesen kada bi se možda ipak mogao pojaviti sljedeći broj "Rugjera"!



Errata corrigel

Prof. dr. Tomislav Živković iz Instituta "Ruđer Bošković" poslao je uredništvu "Rugjera" pismo gdje piše:

"U 'Rugjeru' od 18. siječnja 1997. u članku 'Kratki pregled hrvatske kemije u XX. stoljeću' kome su autori Snježana Paušek-Baždar i Nenad Trinajstić u dijelu koji govori o Grupi za teorijsku kemiju (stranica 9) koju je na Institutu Rugjer Bošković utemeljio Milan Randić, nalazi se navod: 'Po odlasku Randića u SAD-e njega je naslijedio Nenad Trinajstić.' Taj navod nije točan!

Dr. Milan Randić bio je utemeljitelj i voditelj Grupe za teorijsku kemiju od 1960. do 1970. Po njegovom odlasku u SAD prvi voditelj Grupe za teorijsku kemiju bio je dr. Zlatko Meić (1970.-1971.) a ne dr. Nenad Trinajstić. Zatim su voditelji Grupe za teorijsku kemiju bili dr. Nenad Trinajstić (1971.-1973.), dr. Zvonimir Maksić (1978.-1979.), dr. Tomislav Živković (1979.-1984.) te dr. Nenad Trinajstić (1984.-).

Dakle netočna je i pogrešna tvrdnja kako je nakon odlaska dr. M. Randića u SAD vodstvo Grupe za teorijsku kemiju preuzeo dr. Nenad Trinajstić. Toliko zbog objektivnog i točnog obavješćavanja čitatelja.

(Opaska: Rado objavljujemo i nadamo se da će prof. dr. Tomislav Živković razumjeti kako ta pogrešna obavijest nije bila ni zbog kakve loše namjere. A i ispravke svih činjeničnih pogreški sa zahvalnošću ćemo primiti i - bude li još prigode - objaviti.)

80 godina akademika Milana Heraka

Ivan Gušić i Vladimir Jelaska

Milan Herak rođen je 5. ožujka 1917. u Brašljevići, kako sam kaže, na žumbe-račkom kršu. Odrastao je u mnogobrojnoj obitelji, rano stekavši radne navike, te smisao za slogu i međusobno potpomaganje, što mu je, u njegovoj kasnijoj profesionalnoj praksi, kada je bivao članom ekipe ili voditeljem, mentorom ili savjetnikom, dalo predispoziciju za poticanje stvaralačkog ugođaja.

Tijekom klasične naobrazbe (završio je Drugu klasičnu gimnaziju u Zagrebu) nije se opredijelio ni za jednu struku, ali u odabiru studija prevladala je sklonost istraživačkom radu, a to je nudio tadašnji Filozofski fakultet s nekoliko kombinacija prirodnih znanosti.

Student Herak bio je više okrenut botaničkim predmetima, a njegov bliski kolega Domac geologiji, pa su skladno svojim opredjeljenjima podijelili posao oko pravljenja bilješki na predavanjima. Tijekom studija biva odabran za demonstratora u Geološko-paleontološkom zavodu. To, ali i više od toga, njegovo sudjelovanje u terenskim geološkim istraživanjima u ekipi prof. Salopeka, a zatim i uspješno obavljeni samostalni terenski zadaci u Lici, Paklenici i kasnije na Medvednici rezultiraju time da mu geologija, koja inače nije bila njegovo primarno opredjeljenje, postaje radom stečena sklonost, koja mu je odredila stručnu budućnost. Na to prof. Herak običava reći "...ne mora se baš u ranoj mladosti opredijeliti za buduće zvanje".

Poslije diplome (1941.) usavršava u Beču paleontologiju iz čega je rezultirao i njegov doktorat iz filozofije (1943.), temeljen na paleontološkoj temi o trijaskim fosilnim spužvama.

Iako je od 1943. pa sve do 1952. bio namješten na Geološko-paleontološkom muzeju, gdje je također bio veoma aktivan, profesor Herak već od 1949. sudjeluje i u sveučilišnoj izobrazbi studenata kao honorarni nastavnik. Prvo je na PMF-u preuzeo dva novo uvedena predmeta: paleobotaniku i paleobiologiju, a na tadašnjem Tehničkom fakultetu preuzeo je predavanja iz Osnova geologije za građevinare i geodete. Što se tiče paleobotanike i paleobiologije, za oba ta novou-

vedena kolegija imao je i vlastitog istraživačkog iskustva još iz vremena studija, a i kasnije, iz vremena koje je proveo na studijskom usavršavanju u Beču kod tada najpoznatijeg specijalista za fosilne alge, prof. Juliusa Pia-e. Tu je, između ostaloga, trebao u kratkom roku ispolagati i devet kolokvija, a slušao je i predavanja iz paleontologije kod Kurta Ehrenberga, koji je bio zet tada još živoga Othenia Abela. Premda se tadašnja Abelova paleobiologija temeljila na neolamarkizmu, za koji znamo do kakvih je devijantnih pojava - u ekstremnom obliku - doveo kasnije u Sovjetskom Savezu, to nije kod prof. Heraka ostavilo dubljih tragova u njegovim kasnijim istraživanjima fosilnih algi, a osobito spiljskog medvjeda, koja će biti izrazito populacijski usmjerena.

God. 1952. prof. Herak postaje docent na tadašnjem Tehničkom fakultetu. U svojim zabilješkama prof. Herak navodi da mu ta odluka (o prijelazu na Tehnički fakultet) nije lako pala, jer je svoju budućnost zamišljao na PMF-u. No za struku je to sigurno bilo ojačanje, jer je odmah po dolasku prof. Herak uspio osnovati i samostalni Zavod za geologiju i paleontologiju. Do tada su naime na Rudarskom odjelu Tehničkog fakulteta postojali samo Zavod za mineralogiju i petrologiju koji je vodio prof. Luka Marić i Zavod za geologiju ugljena i nafte, koji je vodio prof. Franjo Ožgo- vić. Ubrzo je prof. Herak dobio i svojega asistenta, pokojnoga Dragutina Šikića. Uz temeljne geološke kolegije, prof. Herak morao je odmah po dolasku preuzeti i opet novi kolegij: inženjerska geologija s hidrogeologijom.

Danas nam se čini samo po sebi razumljivo da su inženjerska geologija i hidrogeologija obvezni dijelovi geoloških *curriculum*a svih usmjerenja, bez kojih se suvremeno obrazovan geolog ne može ni zamisliti. God. 1952., kad je prof. Herak počeo predavati taj kolegij, on se zapravo zvao Primijenjena geologija s hidrogeologijom. I sada, prema vlastitom iskazu, premda takav praktičarski orijentiran kolegij nije u svojem studiju nikada slušao, prof. Herak mijenja sadržaj predmeta iz "primijenjene geologije" u "primjenu geologije". Površno gledano, netko bi mogao reći, pa to



su tek semantičke začkoljice. Ali nije tako, razlika je suštinska. Postoji jedna Pasteurova izreka koja glasi: Ne postoje čista (ili temeljna) znanost i primijenjena znanost, postoji samo znanost i njezina primjena, a one se međusobno odnose kao stablo i plodovi na njemu. Iako prof. Herak tada nije znao za tu Pasteurovu izreku, on ju je u potpunosti primijenio, što pokazuje jednak način mišljenja ova dva velika čovjeka. Naravno, i ovdje je prof. Heraku dobro došlo ranije iskustvo stečeno u praksi, prvo s pokojnim Josipom Poliakom, a kasnije i još više samostalno, u vezi s istraživanjem geoloških uvjeta za akumuliranje voda u našem kršu. No ono što je ovdje bitno, to je da je prof. Herak - što iz vlastitog iskustva, a što dodatnim razmišljanjem - izdvojio teorijske geološke probleme (odnosno one, koji mogu imati bilo kakvog odraza u primjeni - a ima li uopće takvih koji to nemaju?) i njih zaokružio u cjelovito gradivo. Sigurno da je za precizno rješavanje pojedinih konkretnih problema kvantifikacija, tj. mjerenje, neophodno potrebna, ali bez geološke ideje o tome što, gdje i zašto treba mjeriti, kvantifikacija postaje i ostaje sama sebi svrhom. Odnosno, kako kaže prof. Herak, krška hidrogeologija, pa i morfologija, mogu se razumjeti samo ako se poznaje geološka građa terena. To znači da kršu treba pristupati u prvom redu tektonogenetski, a ne samo "geomorfološ-

ki", tj. deskriptivno, kao što je pretežno bio slučaj kod ranijih istraživača.

Od 1952. do 1959. god., kada prelazi na PMF, prof. Herak predaje dakle Inženjersku geologiju s hidrogeologijom (uz temeljne geološke predmete) na TF, a paleobotaniku na PMF-u. Teško je zamisliti dva raznorodnija predmeta, pa čak i područja, a da ih uspješno objedinjava jedan nastavnik.

God. 1959., kako je već spomenuto, prof. Herak prelazi na PMF. Smijemo li reći da mu se time konačno ispunila životna želja, pa i životni san? Tu ubrzo postaje predstojnik Geološko-paleontološkog zavoda, što je ostao do 1974., a 1960. postaje i redoviti profesor. No nastavio je predavati i na svojem bivšem fakultetu kao honorarni nastavnik, sve dok se tamo nisu odlučili uvesti vlastite snage.

Profesor Milan Herak u svojem je dosadašnjem bavljenju geologijom objavio 220 različitih naslova, od čega je stotinjak znanstvenih radova, 13 izdanja knjiga iz geologije i paleontologije te suatorska izdanja "Opći prikaz Zemlje" i međunarodno izdanje "KARST" (Elsevier, 1972.). Tematski raspon njegovih radova veoma je širok, a objavljeni su podjednako u domaćim i inozemnim časopisima.

Ta širina nije znakovita samo u njegovom istraživačkom i znanstvenom bavljenju, nego i u njegovom nastavnom radu. Profesorov postupak podrazumijeva najprije dobre temelje, na koje postavlja harmonične okvire, u koje zatim smještava specijalistička istraživanja i napokon postignute rezultate. Znati primijeniti geologiju, oruđe je kojim nas je profesor naučio rukovati, pokazujući kako je i složene geološke pojave moguće jednostavno i razumljivo objasniti. Uvjero nas je da u terenska istraživanja valja ući s koncepcijom i provjeravati ju opažanjima, ali kada geološke pojave ostaju neobjašnjive, tada morate mijenjati koncepciju, sugerirao je profesor.

Općenito za prof. Heraka vrijedi pravilo da je u dodiplomskoj nastavi predavao i standardne kolegije (Opća geologija, Stratigrafska geologija), ali da ih je postupno prepuštao mlađim nastavnicima, a sam je osnivao nove predmete (od onih koji dosada nisu spomenuti, tu spada npr. Regionalna geologija s geotektonikom i Geologija krša).

Još prije nego je postao stalnim sveučilišnim nastavnikom na TF-u, prof. M. Herak je zajedno s pokojnim prof. M. Tajderom napisao geološki dio u zajedničkom udžbeniku Petrografija i geo-



logija, namijenjenom studentima šumarstva i agronomije. Taj udžbenik doživio je četiri izdanja (1951, 1959, 1966. i 1972.), a bilo bi ih i više da bolest nije spriječila prof. Tajdera u obnavljanju petrografskog dijela. Također još za vrijeme boravka na Muzeju počeo je pisati udžbenik Paleobotanike, jer je, kako sam kaže, možda preozbiljno shvatio "direktivu" da za svaki predmet treba napisati udžbenik. No, bilo kako bilo, nakon početnih teškoća s objavljivanjem u "Školskoj knjizi", i taj je udžbenik doživio dva izdanja (1953. i 1963.), a bio je prihvaćen i u Ljubljani i Beogradu. No najveći utjecaj na generacije studenata geologije imao je (i još uvijek ima, iako danas u nešto manjoj mjeri) Herakov udžbenik cjelokupne geologije o građi, dinamici i povijesti Zemlje, koji je doživio pet izdanja (1960., 1973, 1984, 1987. i 1990.). Bio je to, i još uvijek je, prvi (i zasada) jedini cjeloviti udžbenik geologije na Zagrebačkom sveučilištu. Njegova pozitivna uloga na generacije studenata je nemjerljiva, ali danas bi bilo u interesu geologije kao struke, kao samostalne, cjelovite, prirodne znanosti, da imamo više udžbenika za pojedine specijalnosti geologije, pri čemu će Herakov udžbenik uvijek predstavljati onaj "svjetionik", prvi korak kojim je "probijen led" (a znamo da je najteže upravo probiti led).

U sveučilišnom obrazovanju danas sve veću važnost dobiva i poslijediplomski studij, što je i razumljivo, s obzirom na strahovit napredak i grananje (širenje) prirodnih znanosti, pa i geologije. Prof. Herak je utemeljitelj i bio je prvi voditelj poslijediplomskoga studija geologije na Zagrebačkom sveučilištu, a i danas još u njemu aktivno sudjeluje.

Za svestranu i plodnu djelatnost prof. Herak dobio je brojna priznanja. Od 1963. je dopisni, a od 1973. redoviti član Akademije znanosti i umjetnosti. Bio je i njezin potpredsjednik (1975-78.), tajnik Razreda za prirodne znanosti (1986-88.), član Predsjedništva, urednik časopisa, te voditelj akademijinih Odbora za krš i Odbora za geotektoniku. Od 1977. je član Austrijske, od 1991. Slovenske, a od 1977. je bio član Srpske akademije, do 1991., kada je otkazao članstvo. Član je HGD kojemu je bio prvi tajnik, a potom predsjednik i počasni član. Član je brojnih inozemnih društava. Dobitnik je nagrade "Ruđer Bošković" (1968.), nagrade za životno djelo (1976.) i spomen-medalje grada Zagreba (1965.). Odlikovan je Ordenom rada sa zlatnim vijencem (1961.) i Ordenom zasluga za narod sa zlatnom zvijezdom (1986.).

U znak priznanja za znanstvena dostignuća više je autora počastilo prof. Milana Heraka imenovanjem novih taksona na osnovi njegova imena. Pretežno se tu radi o fosilnim vapnenačkim algama, gdje je njegov paleontološki opus najveći i najlakše prepoznatljiv.

Hrvatski geolozi, među kojima su i brojni profesorovi studenti, priredili su 5. ožujka 1997. - na dan 80. obljetnice njegovog života - znanstveni skup u počast profesor Heraku i kao znak priznanja za njegovo nastavno, stručno i znanstveno djelovanje. Kao trajan zapis toga događaja sadržaj sadržaj skupa bit će objelodanjen u posebnom broju vodećeg hrvatskog geološkog časopisa, *Geologia croatica*, sv. 50/2.



Herakov pristup istraživanju krša

Stjepan Bahun i Božidar Biondić

Zagrebački "Vjesnik" od 23. ožujka 1972. objavio je pod naslovom: "Naš učenjak na vrhu svjetske liste istraživača krša" osvrt i kratak prikaz o upravo izašloj knjizi: Herak, M. & Stringfield, V.T.: "Karst. Important Karst Regions of the Northern Hemisphere", kojoj je glavni redaktor bio Milan Herak. U ono vrijeme (1965.) okupiti autore različitih koncepcija i pogleda na krš iz trinaest "krških" zemalja uključujući USA i tadašnji SSSR bio je ne samo veliki znanstveni već i organizacijski podvig, pa je na taj način ugledna izdavačka kuća Elsevier iz Amsterdama odala najznačajnije svjetsko priznanje jednom našem istraživaču krša.

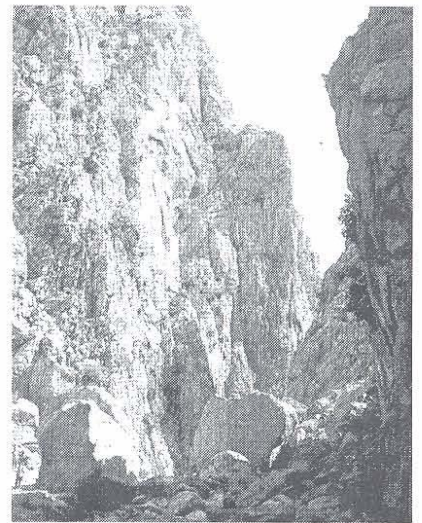
No sve je započelo davno prije, u vrijeme kad se M. Herak zaposlio u Geološkom muzeju, kojemu je ravnatelj bio Josip Poljak, poznavalac, zaljubljenik i tada jedini ozbiljniji istraživač krša. S njim je M. Herak već 1946. vršio hidrogeološka istraživanja u Gorskotom Kotaru (HE Vinodol) i 1947. na Četini (akumulacija Peruća). Kasnije radeći u području Zagorske Mrežnice prvi put je shvatio da se krška hidrogeologija može razumjeti samo ako se poznaje geološka struktura terena. Takav pristup sadrži prije svega znan-



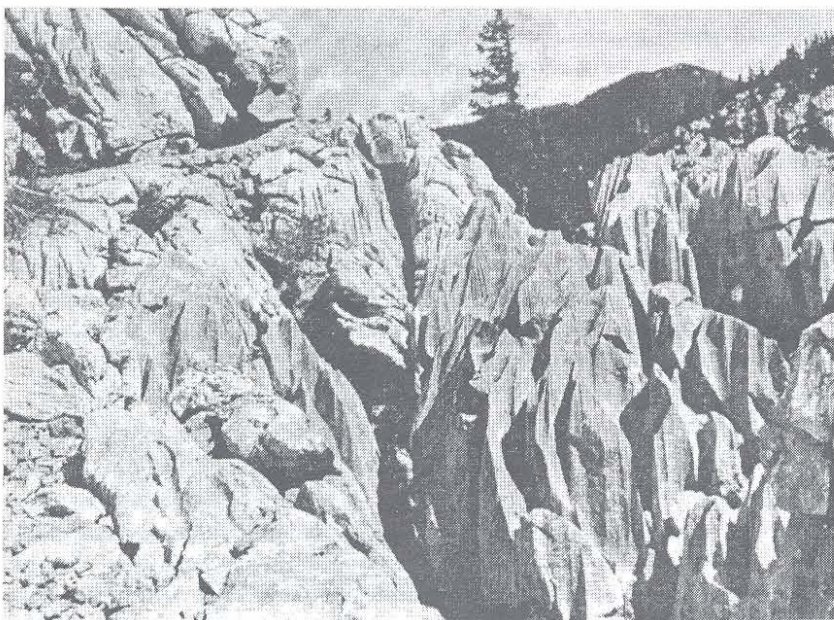
Ponikve u Biokovu

stveno dokumentiranu geološku osnovu, koja objašnjava uzroke hidrogeoloških posljedica, pa pokušaji oblikovanja opće teorije o kršu kojima su se bavili ili o njima raspravljali W. M. Davis, A. Penck, A. Grund, F. Katzer, J. Cvijić i J. Roglić, sve više gube na značenju, a u prvi plan dolaze izvorna istraživanja. Stoga se njegovi radovi o hidrogeološkim problemima Male Kaple i o geološkim osnovama nekih hidrogeoloških pojava u Dinarskom kršu, iz 1956. odnosno 1957. smatraju stupovima međašima između deskriptivnog i znanstveno utemeljenog pristupa istraživanju krša. Primjenu nje-

gove omiljene uzrečice: "Seljak i voda nisu glupi. Uvijek pronalaze najlakše putove", može se pronaći u svakom njegovom radu, jer zaista voda će podzemljem protjecati onim prostorima gdje to omogućava geološka struktura; "samo" treba tu strukturu ispravno riješiti. Taj "samo" bio je najčešće kamen spoticanja i osnovni nesporazum između geologa i "potrošača" geologije, pa ne tako rijetko i između samih geologa. Na rješavanju tih nesporazuma insistirao je M. Herak svojim strpljivim i upornim približavanjem fun-



Kanjon Velika Paklenica



Škrapi u paleogenskim vapnenačkim brečama (sjeverni Velebit)

damentaine geologije praktičnoj primjeni. Neprestana intenzivna suradnja s hidroenergetičarima uvjerila ga je u ispravnost takva pristupa u neposrednoj praksi, a s druge strane dala mu bezbroj izvanrednih primjera neophodnih za edukaciju studenata. Utjecanje praktičnih pojava na fundamentalna istraživanja i obratno navelo ga je da takav pristup struci uvede i u nastavu pa je uvriježen termin "primijenjena geologija" koji obuhvaća samo poneke segmente geologije, pretvorio u suštinski različit termin "primjena geologije", prema kojem čitava geologija sa svim svojim znanjima može poslužiti u najrazličitije praktične potrebe. Zbog toga se govorilo o "zagrebačkoj školi krške hidrogeologije". Na takvim osnovama uveo je u nastavu kolegije "Geologija krša" u dodiplomskom i



Kameni most

"Odabrana poglavlja iz geologije krša" u posljediplomskom studiju.

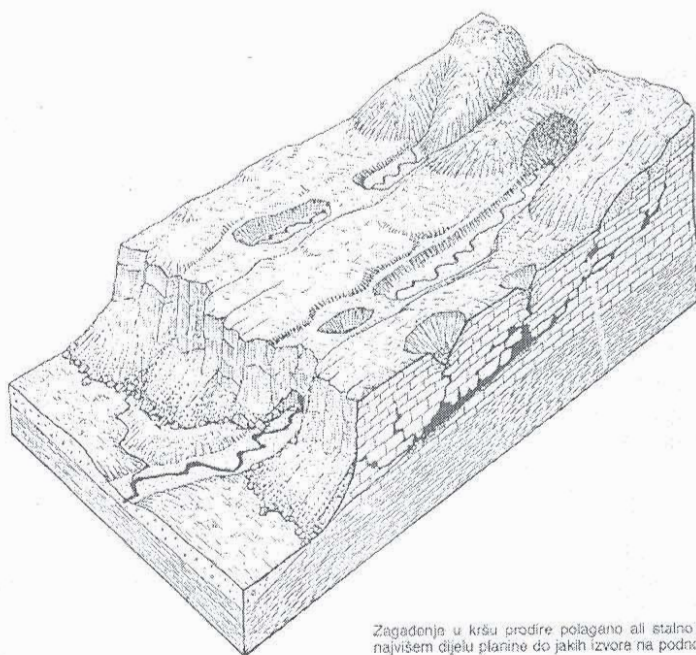
Njegovi praktični radovi koji su kasnije bili i znanstveno oblikovani krajem pedesetih doveli su do istraživanja na Hvaru, na akumulaciji u Gračačkom polju (HE Obrovac), u području gornjeg toka Kupe, na Plitvičkim jezerima, na rijekama Lici i Gackoj (HE Senj), na Buškom Blatu, na HE Trebišnjici i na čitavom nizu hidrogeoloških studija recenzija i revizija na prostorima bivše Jugoslavije (Jamnička kiselica, Drina, Tara-Morača i dr.). Iskustva skupljena na tako širokom prostoru još su čvršće uvjerila M. Heraka u njegovo, sada već šire prihvaćano mišljenje o važnosti strukturnih elemenata u objašnjenju krških pojava.

Još i prije objavljivanja knjige "Karst" (1972.) M. Herak je kao priznati stručnjak za krš boravio na rješavanju hidrogeoloških krških problema u inozemstvu. Nakon tiskanja knjige postao je širom svijeta poznat ekspert za kršku hidrogeologiju tako da je pozivan

na eminentne znanstvene skupove, ali i na rješavanje kompliciranijih hidrogeoloških praktičnih problema. Tako ćemo spomenuti neke njegove inozemne aktivnosti vezane uz radove u kršu:

Prvi inozemni rad bio je 1959. u Kharga oazi u zapadnom Egiptu. Zatim slijede značajni kontakti s Iranom najprije na usklađivanju različitih objašnjenja geološke osnove u vezi s podizanjem brane u blizini Mahabada, da bi nakon toga uslijedio angažman u svojstvu savjetnika iranske vlade, što je pak omogućilo posjet istraživačkim centrima po čitavom prostoru perzijskog krša. Zbog dobrog poznavanja regionalne geologije posebno krških područja, M. Herak je angažiran na rješavanju vodonepropusnosti akumulacijskog bazena Nabatieh i akumulacije u dolini rijeke Litany u Libanonu. Na taj su način uspostavljene veoma dobre stručne i akademske veze s Libanom i Beirutom što je rezultiralo i doktoratom jednog Libanonce na Zagrebačkom sveučilištu. Kasnija dva boravka u Turskoj veoma su značajna zbog toga što je trebalo ocijeniti dotadašnje poznavanje geološke osnove za podizanje akumulacije u dolini rijeke Manavgat.

Upoznavanje pojedinih krških područja Sredozemlja postupno se u M. Heraku sintetiziralo u sve jasniju cjelinu što je do izražaja došlo već 1965. kad je kao predstavnik FAO Ujedinjenih nara-



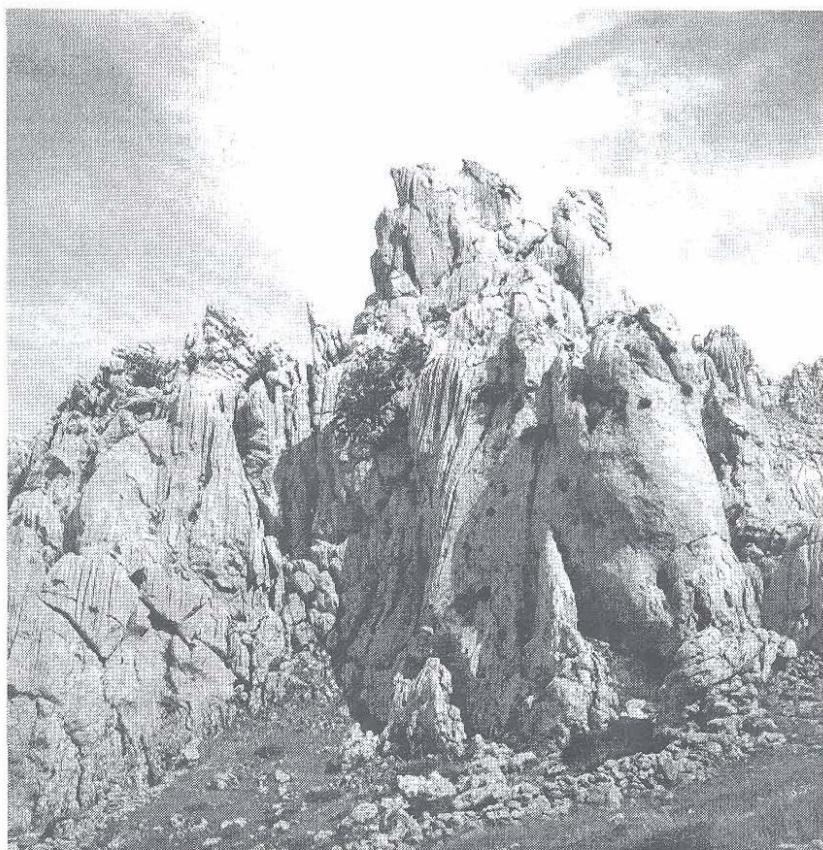
Zagađenje u kršu prodire polaganu ali stalno od naselja u najvišem dijelu planine do jakih izvora na podnožju

Blok dijagram

da boravio dva mjeseca na Jamaici radi rješavanja problema određivanja slivnih područja velikih krških izvora u priobalju otoka. Riješena osnovna geološka struktura dala je slivno područje deset puta veće nego se to prije smatralo. Nedugo nakon toga M. Herak izabran za predsjednika grupe FAO za pitanja podzemne vode u raspućalim stijenama. Nakon tri godine (1969.) mandat mu je obnovljen što mu je donijelo mogućnost da kao predsjednik grupe obiđe zemlje Sredozemlja kako bi provjerio aktivnost u razvojnim programima Ujedinjenih naroda u vezi s pridobijanjem podzemnih voda u kršu, te da prikupi višejezične terminološke podatke u tim zemljama (Turska, Grčka, Tunis, Alžir, Španjolska), da bi se u multilingvalnom rječniku, tekst kojeg su 1972. objavili FAO i Unesco, još dodali izrazi na njemačkom, francuskom, engleskom, talijanskom i na jezicima bivše Jugoslavije. U svakoj je zemlji boravio 9 dana i uz studij postojeće dokumentacije obavio posjet odabranom terenu što je na temelju poznavanja regionalne geologije i nadalje upotpunjavalo njegovo poznavanje krške fenomenologije. Posljednji zadatak za FAO imao je nakon punih petnaest godina suradnje s tom organizacijom 1980. na istraživanju podzemnih voda u krškom području regije Molai na Peloponezu gdje je, usprkos početnom protivljenju i nerazumijevanju, revizijom postojećih geoloških rezultata uspio dokazati nepobitnu, odlučujuću ulogu navlačne tektonike u rasporedu i tokovima podzemnih voda; dakle, opet je geološka strukturalna osnova bila mjerodavna za rješenje problema.

Svoja stručna iskustva, znanstvene obrade i što je najvažnije, svoj pristup istraživanju krša iznio je na međunarodnim skupovima u Dubrovniku (jugoslavensko-američki projekt o vodnom bogatstvu i hidrologiji krša), u Moskvi (svjetska konferencija o energiji), na Kanarskim otocima (pridobijanje vode iz vulkanskih stijena), na geološkom kongresu u Montrealu i dr.

M. Herak je objavio 39 znanstvenih radova s temama koje su u vezi s kršom. Od prvog objavljenog 1956. ("O hidrogeološkim problemima Male Kapela") do posljednjeg njegovog rada o kršu, objavljenog 1986. ("Geotektonski okvir zaravni u kršu") prošlo je trideset godina u okviru kojih je zapravo razvijao, dopunjavao, oplemenjivao svoju početnu koncepciju kojoj je već 1957. dao osnovne konture u radu "Geološ-



Motiv s Tulovih greda (južni Velebit)

ka osnova nekih hidroloških pojava u dinarskom kršu". Kako je vrijeme odmicalo sve više ga je počela interesirati getektonika, tako da su njegovi radovi o kršu sadržavali sve više interpretacija koje su osnivane na njegovom širokom poznavanju i razumijevanju regionalne geotektonike pa njegov stav o hidrogeološkoj funkciji krških područja dobio svoj konačni oblik kao "Osnova hidrogeološke karte Dinarskog krša" 1:500 000, koju je sa suradnicima izradio 1974. i koja zbog tadašnjih administrativnih zabrana nije objavljena kao samostalan rad, već kasnije kao sastavni dio Hidrogeološke karte bivše Jugoslavije.

Nakon svega, sve svoje široko geološko znanje, razumijevanje regionalne geologije i geotektonike, sveobuhvatno poznavanje krške literature, svoje praktično i znanstveno iskustvo stečeno, bilo u tridesetgodinjoj suradnji s hidroenergetičarima, bilo u znanstvenoj obradi krške problematike kojoj je kruna bila knjiga "Karst", sažeo u rad od svega 11 stranica, objavljen 1977.: "Tecto-genetic approach to the classification of karst terrains" (Tektogenetski pristup klasifikaciji krških terena). Ne upadajući u zamke snemaka, ma u se želeo objaviti svoj rješenje krških problema M. Herak je ostao sebi dosljedan i za osnovu kla-

sifikacije postavio geološke uvjete i to one o postanku krškog medija i one o tektonskim promjenama kojima su krški prostori bili izloženi. Ta dva izrazito "geološka" elementa mogu se gotovo uvijek u regionalnim okvirima i dostupnim geološkim metodama rekonstruirati. Njegovu podjelu krša na epiorogenski, nastao na tektonski stabilnim prostorima i bez značajnijih naknadnih tektonskih poremećaja) i orogenski krš (nastao u tektonski mobilnim područjima s ekstremnim naknadnim tektonskim poremećajima) ostao će kakvu je on postavio jer je postavljena na najelegantnijim, koliko zasad znamo, nepromjenjivim geološkim znanjima. Podjele unutar ova dva glavna tipa krša (tabularni, homoklinalni, borani, bazenski i, duboki u epiorogenskom i lećasti, borani, disecirani i akumulirani u orogenskom) mogu se djelomično modificirati, ali će u svojim osnovnim karakteristikama ostati prepoznatljive i što je u svemu najznačajnije, primjenjive u kategorizaciji krških terena.

Na taj je način postavio neizbrisiv putokaz mladima i učinio kvalitetan zaokret u pristupu istraživanja krša. Nadmašio je svoje prethodnike i nema sumnje, postao centrom figura među stručnjacima krša ovog stoljeća.



Herakov pogled na geotektoniku Dinarida

Vladimir Tomić

Za profesora Milana Heraka može se reći da je osebjuna ličnost u našoj geologiji koja znanstveno djeluje već 60 godina. Po raznolikosti njegovog djelovanja kroz tako dugo vrijeme, teško da se kod nas netko može s njime usporediti. Njegov rad usko je povezan uz istraživanja na različitim znanstvenim područjima kao što su paleobotanika, paleozoologija, stratigrafija, geologija i hidrogeologija krša, regionalna geologija, geotektonika, povijest geologije i dr. Navedeni redoslijed disciplina predstavlja ujedno i kronološki razvoj interesa M. Heraka, pa time sugerira da je težišno usmjerio svoj znanstveni interes prema geotektonici u kasnijoj fazi svoga djelovanja. To mu je omogućilo njegovu bogato iskustvo iz brojnih geoloških disciplina. Znanja proizašla rješavanjem različitih geoloških zadataka, prvenstveno u području Gorskog kotara, Velebita, Like, Samoborskog gorja, Ivanšćice i dr., uvjerila su ga u nužnost poznavanja strukturnih odnosa istraživanih terena. Iako mu šira tektonika svojevremeno i nije bila u prvom planu znanstvenog interesa, s vremenom je sve više pažnje posvećivao upravo tektonici.

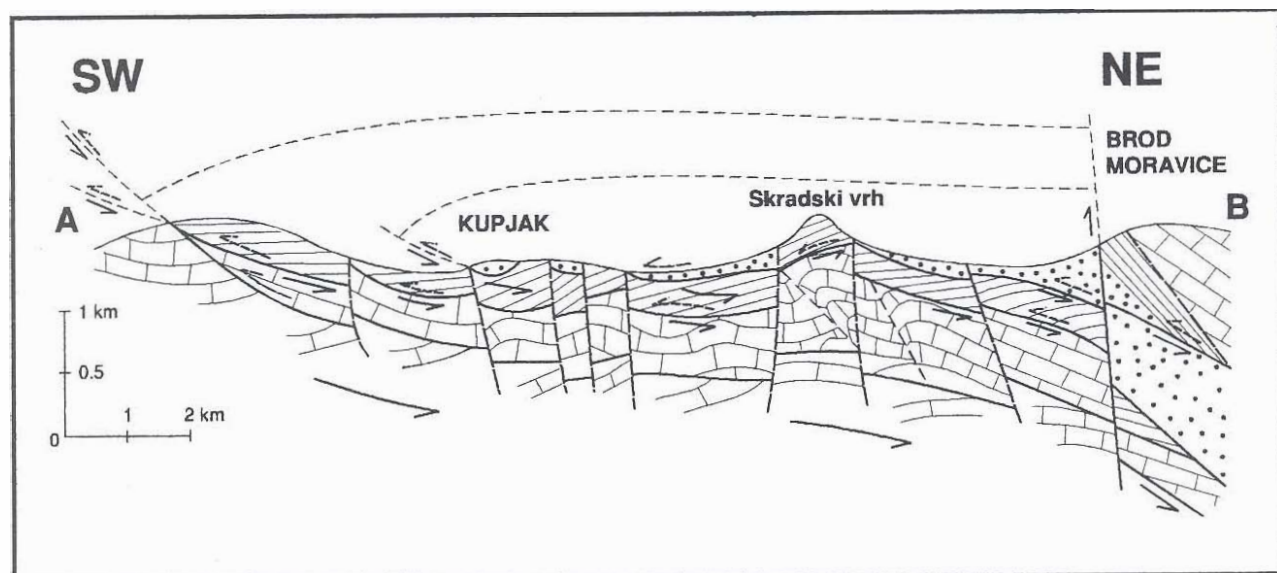
U Dinaridima otkriva prisutnost alohtone tektonike u područjima koja su do tada tretirana isključivo kao autohtona. Shvatio je da se u osnovnim poimanjima geotektonike Dinarida mora nešto iz korijena mijenjati. To ga dovodi do novih geotektonskih spoznaja. Brojni modeli građe Dinarida bazirani na teoriji geosinklinala s dvostrukim orogenom više ga ne zadovoljavaju, jer sada, gledajući kroz "novu optiku" nemaju potvrdu svoga realiteta u terenu. Proučavajući aktualnu svjetsku literaturu uvidio je da teorija o tektonici ploča posvuda u svijetu preuzima položaj klasične koncepcije o "dvostrukom orogenu" i upravo je na tim osnovama našao nova geotektonska rješenja za naš hrvatski prostor, pa i šire, za Dinaride i Helenide.

Rekonstruirao je mehanizam kretanja, gdje su bitna dva zaključka: a) uzrok kretanja treba tražiti dublje (subkrustalno), te da se u tom slučaju može raditi samo o podvlačenju prema sjeveru odnosno prema sjeveroistoku, uz otpore u krustalnom dijelu; b) intenzitet alohtonije povećava se od površine prema dubini.

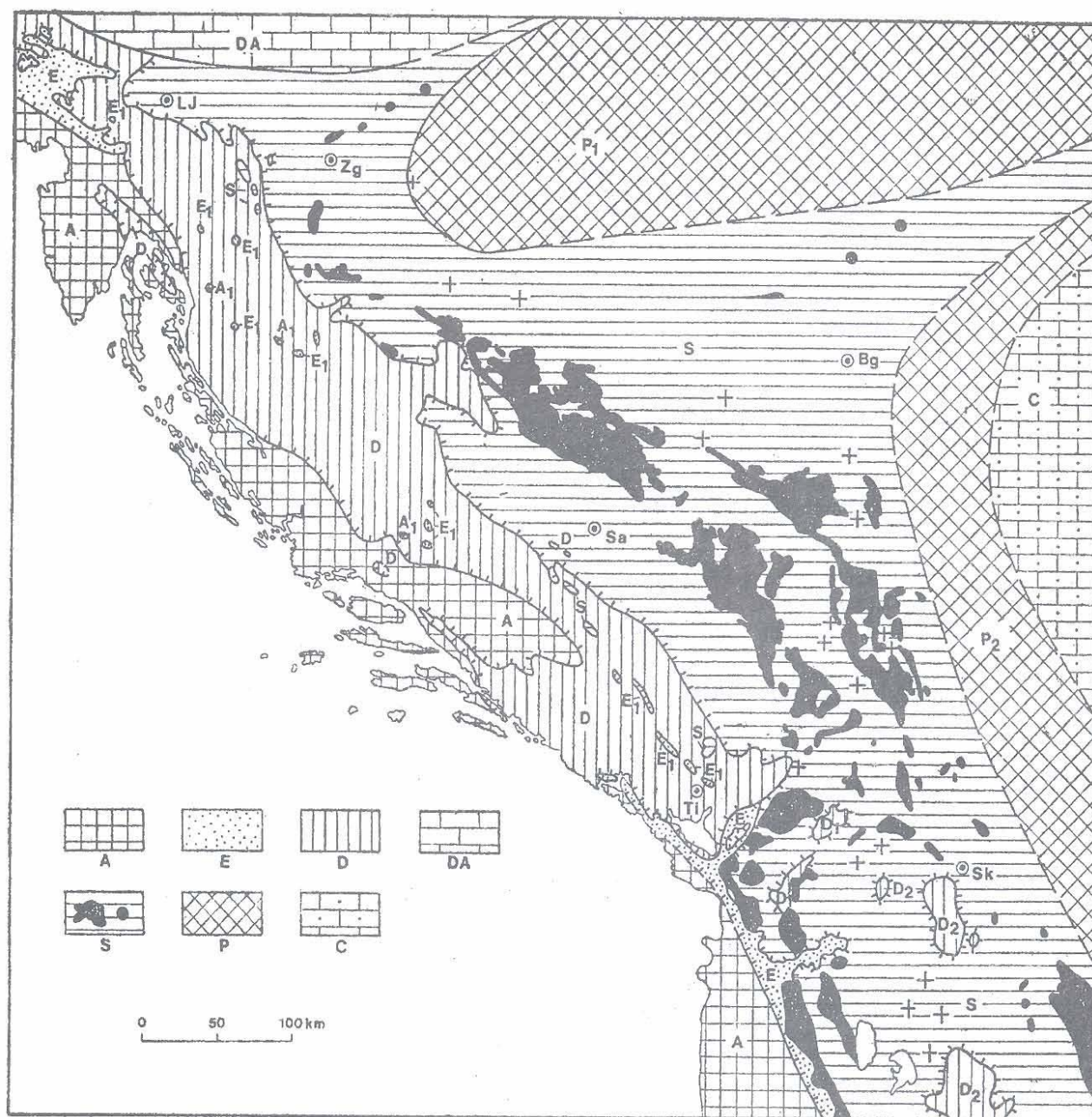
Takav pristup dijametralno je suprotan dotadašnjim shvaćanjima, jer se u svim geotektonskim koncepcija-

ma o građi Dinarida smatralo da su kretanja bila od sjeveroistoka prema jugozapadu. Sve to rečeno je u njegovom prvom (pionirskom) radu baziranom na mobilističkoj osnovi već 1980. god.: "Sustav navlaka između Vrbovskog i Delnice u Gorskom kotaru (Hrvatska)". Čitajući danas taj rad jasno nam je da je M. Herak pretpostavio kontinentalnu subdukciju (A-subdukciju), iako je tada nije tako nazvao, koja će kasnije obilježiti tektoniku Dinarida.

Konačno - 1986. M. Herak iznosi novu koncepciju o genezi i građi Dinarida ("A new concept of geotectonics of the Dinarides"), gdje predlaže zamjenu dviju glavnih geotektonskih jedinica, koje se najčešće nazivaju "Vanjski" i "Unutrašnji Dinaridi", sa četiri paleoambijetalna i paleodinamska pojasa koji se tijekom mezozoika i dijela paleogena (cca 180 mil. godina) kontinuirano pružaju od Peloponeza do Južnih Alpa. To su: "Adrijatik", "Epiadrijatik", "Dinarik" i "Supradinarik", a odlikuju se nekim specifičnim karakteristikama. Međusobno su u alohtonim položajima izazvanim kontinentalnim subdukcijama jednih jedinica pod druge. U svojim kasnijim radovima M. Herak reinterpretacijom dosadašnjih postojećih podataka s



Sustav navlaka u Gorskom kotaru (Herak, 1980)



Геотектонск. појасови Динарида према М. Хераку (1986), нешто модифицирано: А-Структурни комплекс Јадарске карбонатне платформе (Јадарјак), Е-Творење неогеног подријета резаног уз Меџуплатформски појас (Епиадријатик) с тектонским оклама у Динарцима, (Е1), Д-Структурни комплекс Унутрашњих Динарида (Supradinarik) с постанком повезаним уз океански појас Тетхиса; црно: ултрабазичне, базичне и попутне stijene (издanci i бушотине), Р-Предалпински структурни комплекси (Р1-Панонске структуре, Р2-Српскомакедонска маса), С-Карпатско-балкански појас.

brojnih lokaliteta i korelacijom između reljefa Mohorovičićeva diskontinuiteta i tektonske građe potvrđuje svoj raniji zaključak o izrazitom mobilizmu kao uzročniku alohtonih struktura u širem području Dinarida.

M. Herak prvi je uveo u razmatranje kontinentalne subdukcijske procese u našim prostorima, te na tim osnovama dao novi geotektonski model Di-

narida i rekonstruirao tektoniku cjelovitog hrvatskog prostora, koja dopunjuje suvremeno mobilističko shvaćanje, pa ima i šire značenje.

Sva navedena djelatnost pribavila je M. Heraku zaslužen veliki međunarodni ugled u znanstvenim geološkim krugovima.

Literatura:

Herak, M. (1980): Sustav navlaka između Vrbovskog i Delnica u Gorskom kotaru - Hrvatska. *Acta geol.* 10/2 (Prir. istraž. 44) Acad. Scient. et. Art. Slav. Meri., 35-51, Zagreb

Herak, M. (1986): A new concept of tectonics of the Dinarides. *Acta geol.* 16/1 (Prir. istraž. 53) Acad. Scient. et Art. Slav. Meri., 1-42, Zagreb.



'Herakov' špiljski medvjed

Jakov Radović

U svom izričito plodnom životu profesor Milan Herak proveo je skoro desetljeće, od 1943. do 1952. god., djelujući u Geološko-paleontološkom muzeju u Zagrebu. O tim, još mladim kustoskim godinama profesora Heraka, reći mi je tek nešto više o jednom njegovom davno objelodanjenom radu koji mi se i danas čini posebice inspirativnim i poučnim. Možda je taj rad samo jedan prividno mali detalj sveukupnog profesorovog djelovanja, ali se u povijesti hrvatske paleontološke znanosti čini dobrim međašem koji je postavljen pred točno pedeset godina. Stoga, o 80. obljetnici profesorova života i svestranog znanstvenog rada čini se prikladnim osobito naglasiti Herakov rad na paleontologiji kralješnjaka kao uveliko pionirski rad u razvoju hrvatske paleontologije. Štoviše, taj srazmjerno omanji opus profesorovog cjelokupnog doprinosa hrvatskoj i europskoj geologiji i paleontologiji čini se posebice važnim u onodobnom razumijevanju evolucijske teorije i nastanku općih postavki o davnashiem slijedu živih bića.

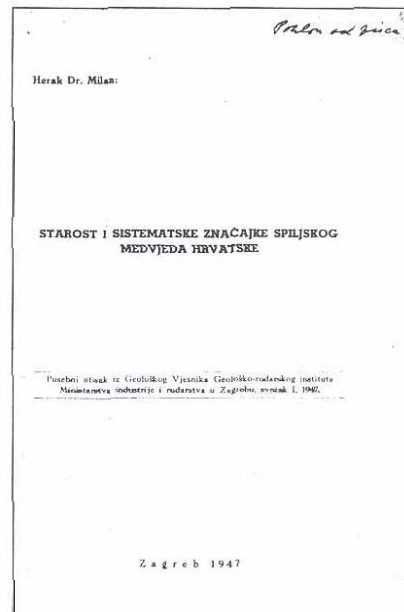
Herakov rad u Zagrebu i Muzeju bio je istovremen sličnim raspravama u svijetu, kada su ondašnji znanstveni autoriteti svojim novim sintezama i teoretskim pretpostavkama začeli tzv. populacijski pristup razumijevanja raznolikih bioloških vrsta a potom i formulaciji nove evolucijske teorije. Ta teorija pripomogla je posve drugom pristupu izučavanju fosila, a onda i cjelokupnim spoznajama o razvoju i odnosima živog svijeta prošlosti i sadašnjosti. To djelo profesora Heraka, od "svega" četrdesetak stranica, danas zasigurno ponajmanje subjektivno, može biti ogledni primjer kako i u naše vrijeme shvaćati teorijsku podlogu mnogih sustavnih paleontoloških određenja, determinacije i sistematizacije, različitih morfoloških entiteta, raznolikih taksonomskih kategorija svijeta geološke prošlosti koje razaznajemo kao ostatke nekoć živih organizama i koje nastojimo sveobuhvatnije razumjeti u dugom vremenu i širokom prostoru.

Rad profesora Heraka o kojemu je riječ izišao je pod naslovom "Starost i sistematike značajke špiljskog medvjeda Hrvatske", a objelodanjen je u prvom broju našeg, sada već više nego središnjeg i sredovječnog časopisa "Geološkog vjesnika", a preteče današnje "Geologie Croatica".

U tom radu profesor Herak objelodanjuje svoja istraživanja o starosti i sistematskim značajkama izumrlag, ledenodobnog, špiljskog medvjeda čiji su brojni ostaci već odavno prikupljeni s različitih lokaliteta u Hrvatskoj. Posebice su u toj zbirci istraživani brojni ostaci špiljskog medvjeda sa nalazišta pračovjeka u Krapini. Tim radom Herak je očitu morfološku varijabilnost tog velikog i izumrlag sisavca, koja je pripisivana različitim tipovima i varijetetima, protumačio svestranom "populacijskom" varijabilnošću jedne vrste u vremenskom i prostornom slijedu. Time je on već davno otklonio još ponekad i sad "staromodni", tipološki pristup postavljanja različitih tipova, morfotipova, varijeteta, rasa i sličnih odredbi u paleontološkoj taksonomiji.

Nadalje takvo Herakovo tumačenje varijabilnosti špiljskog medvjeda odredilo je i srazmjerno kraći vremenski slijed pojavljivanja te vrste u različitim slojevima geološke prošlosti. Ma da se ondašnji zaključci profesora Heraka o vremenskom pojavljivanju špiljskog medvjeda u pleistocenskim (ledenodobnim i međuledenodobnim) taložinama Hrvatske danas mogu ponešto i ispraviti, značajno je da taj njegov rad na sveukupno mu raspoloživom uzorku, predstavlja i prve pokušaje tada novog razumijevanja mehanizama varijabilnosti jedne biološke vrste. Tako on već tada, pred pedesetak godina, proniče u samu srž suvremenog paleontološkog djelovanja, na današnje teoretske i praktične osnove odredbe raznolikih fosila, i još tada inovativni rad na biološkoj sistematici i svima nam znanoj taksonomiji.

Sve od vremena Linné-a i mnogih pokušaja identifikacije živog i neživog svijeta u prirodni sustav "Scalae naturae" postojali su, pa i danas postoje, različiti teoretski pristupi taksonomskim odredbama. Ako je neko otkriće,



Slika 1: Naslovna stranica posebnog otiska Herakovog rada o špiljskim medvjedima

na pr.: prepoznavanje novog oblika nekog organizma, tek prvi razaznati stupanj znanstvene djelatnosti, onda su opisi, odnosno deskripcije otkrića, novih fosila i kategoriziranje znanja o njima tj. sistematika, bili slijedeći, vjerojatno isto tako važan stupanj znanstvenog procesa. No, konačna zadaća suvremene paleontološke taksonomije, kao i cjelokupne sistematike organskog svijeta, sveobuhvatna je sinteza dosad spoznatih cjelina i raznih sustavnih kategorija radi utvrđivanja kauzaliteta svijeta kojega proučavamo. Tako shvaćena znanstvena djelatnost, bila je čini se od početka, hipotetska misao profesora Heraka pa otuda i njegova sklonost da novim sintezama, nekad i hipotezama, utire daljnje puteve istraživanja.

Još prije 137 godina (1861.), znameniti Charles Darwin napisao je kako se već onda govorilo da geolozi u svom razaznavanju činjenica trebaju samo opažati svijet oko sebe, a ne suviše teoretizirati. Po tom sudu oni bi i nadalje na pr.: u nekoj šljunčari trebali pomno brojati valutice i opisati njihove boje i veličinu raznolikih šljunaka ili taložina koje otkrivaju ili opisuju. Obzirom na raznolikost valuta, razaznatu po mnogim detaljima i

tipovima, trebalo bi im - već po Darwini - tisuće godina za iskaz raznovrsnosti svog valuća, fosila i stijena ovog svijeta. Ne znamo da li su spisi i rečenice velikog Darwina o tome kako se svako znanstveno opažanje zapravo provodi zbog dokazivanja ili pobijanja nekog mišljenja, ali je posve pouzdano da su takve odrednice bile i teoretski okvir Herakovog pristupa njegovoj struci. Proučavanje različitih "varijeteta" fosilnih nalaza špiljskog medvjeda u fundusu zagrebačkog muzeja samo je jedan dokaz takvog Herakovog znanstvenog promišljanja.

Nadalje, Herakove rečenice koje danas isčitavamo iz njegove rasprave, kao da nam ukazuju na daleko veću razinu tada uobičajenog pristupa znanstvenom djelu i ondašnjem paleontološkom izučavanju svijeta izumrle prošlosti. "Stoga ni mi ne ćemo promatrati naš materijal odvojeno, već ćemo nastojati ustanoviti njegov odnos prema cjelini..." piše profesor Herak, pa dodaje i: "... na taj ćemo način ustanoviti sistematsko značenje našeg špiljskog medvjeda, to jest moći ćemo ustanoviti da li se on može smatrati tipičnim predstavnikom vrste *Ursus spelaeus*, ili se pak radi o kakvom novom varijetetu ili rasi". Takva promišljanja profesora Heraka, gledajući izdvojeno, nisu daleko od temeljnog polazišta svakoga ozbiljnijega paleontologa današnjice. No u čemu je bila novina razmatranja i rasprave profesora Heraka? Njegova polazišta proučavanja raznolikih ostataka špiljskog medvjeda iz raznovrsnih, ledenodobnih taložina i nalazišta Hrvatske bila su pred pedeset godina za mnoge novi pristup razaznavanju i shvaćanju zamršene varijabilnosti ili "tipologije" pojedinih organizama. I ako se može pomisliti kako je to možda još jedno nastojanje opisati "*Bauplana*", strukturnog sklopa nekog organizma, Herakova razmišljanja na tragu su onodobnih pokušaja da se shvati što je zapravo u podlozi mnogih zamršenih bioloških procesa koji se eventualno isčitavaju kroz morfologiju ili morfometriju okamenjenih kostiju.

Sadašnje prosudbe o tom uveliko inovacijskom radu profesora Heraka u hrvatskoj paleontologiji, nužno nas podsjećaju na ona, možda već opća, znanja iz povijesti uspona paleontološke znanosti. Osnovna metodološka polazišta određenja fosila kao svojevrsnih dokumenata ili entiteta po kojima razaznajemo i rekonstruiramo

povijest života na Zemlji spoznata su prije više stoljeća. Njihov značaj u prirodoslovlju utvrđen je puzdano još u 18. a zasigurno potvrđen početkom 19. st. No, ako je teorija o razvoju živog svijeta nastala sredinom prošlog stoljeća temeljito izmijenila početna polazišta paleontološke znanosti, onda je upravo četvrto desetljeće našeg stoljeća, doba početaka Herakovog znanstvenog rada, bilo vrijeme nastanka tzv. nove sintetske evolucijske teorije.

To je, danas se većina slaže, bila ona znanstvena, Kühnovska, paradigma koja je u temeljima suvremenih evolucijskih istraživanja. Vrijeme od 1940. do 1950. bile su upravo godine začetaka tog novog, suvremenog nazora o populacijskoj biologiji. Tih godina radovi i sinteze Juliana Huxley-a, Fishera, Ernst Mayra, Stebbinsa, Wrigta, a u paleontologiji nadalje G.G. Simpsona, iz temelja su mjenjali koncept pristupa proučavanja i razumijevanja varijabilnosti, a onda i evolucije, organskog svijeta. Naglasimo, da se počeci znanstvenog djelovanja profe-

sora Heraka poklapaju, dakle, s godinama nove, ne baš svuda prisutne doktrine o evoluciji organskoga svijeta. U tom sklopu i rasprava profesora Heraka može stajati kao omanji, ali značajan prilog hrvatske paleontologije svjetskoj literaturi koja obilježava to razdoblje.

U jednoj suvremenoj knjizi o evoluciji vrsta nalazimo danas kako ništa nije gore za ocjenu djelatnosti znanstvenika koji se bavi proučavanjem prošlosti organske evolucije od ocjene kako se netko u svom pristupu paleontološkoj odredbi fosilnih entiteta ne odmakne dalje od tzv. tipološkog gledanja, izdvajanja novih i zasebnih entiteta, za koje se ne može utvrditi nikakvo biološko značenje zamršenog procesa varijabilnosti. Boja ili veličina onih Darwinovih valutica, podsjetimo se, veća ili manja lubanja nekih, još jedna sekundarna kvržica na naboru cakline kutnjaka velikog sisavca (Slika 2.) sami po sebi nisu i ne mogu biti svojstva kojima bi se iskazivala varijabilnost nekog organizma kao, znamo, samo dijela biološke populacije. Evolucija se

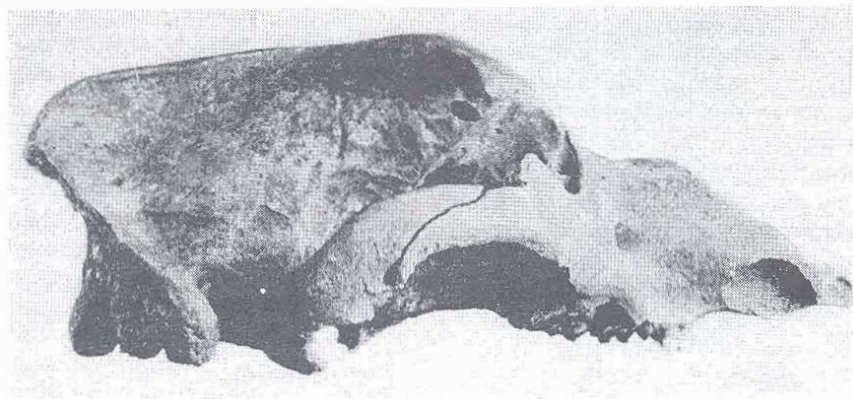
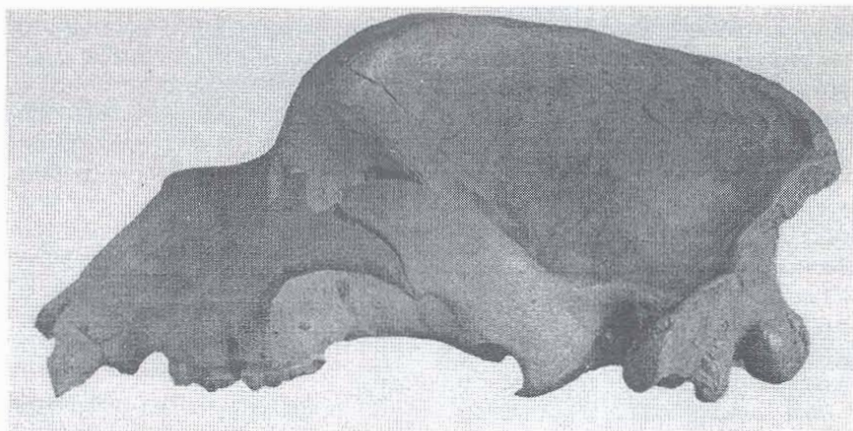


Slika 2

zbiva među svim raznolikim jedinkama neke vrste, a paleontolozi rijetko kada mogu istraživati neki veći uzorak "izumrle populacije". Utoliko paleontologija nije nešto drugo od "neontologije" odnosno biologije. Ako zaboravimo da na zelenom razgranatom stablu (može biti i filogenetskom), ni jedan list nije posve isti, fosilni oblici su tek izdanci nekoć živog stabla. I zato, što nam je tek neki varijetet paleontološke vrste, njegov "morfortip", itd.

"Idealni tipovi" ili čak "morfortipovi" tek su filozofska fikcija našeg artifičelnog, počesto proizvoljno izvedenog konceptualnog pristupa sistematici organskog svijeta, pa se tako profesor Herak, sa svojim radom o raznolikim špiljskim medvjedima, već tako rano u hrvatskoj paleontologiji počeo odmićati od, danas tako kritiziranog, tipološkog gledanja paleontoloških određenja bioloških entiteta. "Veliki" i "mali" medvjedi i morfometrijski veliki i mali organizmi bili su nekoć i danas. Konstatacija o njihovom postojanju možda je tek izrada zapisa o nekim "Darwinovim valuticama" i daleko od znanstvenog priloga nekom otkriću. Izučavanje veličine, oblika, strukture mnogih valutica, njihova podrijetla, geneze i mnogo štošta vezanog uz valutiću, traži od znanstvenika daleko šira znanja i o brodu otkuda su se valutice skotrljale, o sili i stihiji koja ih je valjala, kao i o stijenama iz koje su nastale...

Danas znamo da je tipološko razmišljanje, izdvajanje tipova, morfortipova sušta suprotnost promatranju evolucije kroz sve jedinke, populacije određene vrste iz areala njenog postojanja. Kako reče profesor Herak "... u prvim počecima istraživanja špiljskog medvjeda pokušalo se oblike, koji se u znatnijoj mjeri razlikuju od ostalih, obilježiti kao varijetete. Na taj im se način pridavalo i neko sistematsko određenje. No novija istraživanja, a tu profesor Herak po uzoru na bečkog profesora Ehrenberga, utvrđuje: "... kako nema sigurnih kriterija i znanstvene osnove po kojoj bi svaku pojavu varijabilnosti označili kao varijetet", ili rekli bismo morfortip, s jasno utvrđenim sustavnim granicama samosvojnog određenja. "Sve me je potaklo da kritički promotrim materijal naših nalazišta i da ispitam da li unutar tog materijala postoje oblici koje bismo mogli označiti kao zasebne varijetete ili rase vrste *Ursus spelaeus* t. j. da li postoje među njima oblici koji se principijelno slažu s ostalima. Ali po nekim svojstvima, koja moraju biti u glavnom gra-



Slika 3: Dvije lubanje špiljskog medvjeda s nalazišta pračovjeka u Krapini svojim oblikom pokazuju ne samo alometriju već i različite morfološke oznake, polimorfizam i varijabilitet geološki istodobne populacije zadnjeg velikog meduleđenog doba. Starost nalaza po sadašnjim radiometrijskim datiranjima krapinskih nalaza iznosi cca 127 tisuća godina.

duelne prirode, zauzimaju izolirano i stalno mjesto ne samo među oblicima svoga nalazišta, nego i unutar opće varijacione krivulje.

Zaključak profesora Heraka, pred točno pedeset godina, bila je prosudba kako osteološki materijal u ovom slučaju, a danas bismo rekli i u mnogo kasnijih slučajeva, ne pruža osnove za ustanovljavanje sigurnih varijeteta i rasa. Sve razlike između pojedinih oblika jasno mogu biti populacijske razlike individualne varijabilnosti i njihovo taksonomsko značenje za rekonstrukciju evolucijskih odnosa treba daleko svestranije analizirati. Stoga mi se čini i u naše vrijeme opravdanim ustvrditi kako je profesor Herak u hrvatsku paleontološku literaturu tim svojim radom prvi uveo princip populacijskog promatranja odredbe nekadašnjih vrsta, i da je to bilo zapravo istovremeno s prvim sličnim nastojanjima u svjetskoj literaturi.

Konačno, usudim se iznijeti, da se i danas u nedostatku nekih općih znanja o razvoju ove znanosti, zaboravu njenih teoretskih i praktičnih okvira, u našoj praksi nazovi "novih morfoloških ili morfometrijskih prinosa", opet pojavljuje tipološki način izučavanja fosilnog svijeta, in-

zistiranja na specifičnostima i odveć malog niza uzoraka. Tu se opet zaboravlja na integralnost i kontekst cjeline organizma, populacije i okoliša nekoć živih oblika. Ponekad nam je ustvrditi kako i pokoji "izvorno znanstveni" radovi počivaju na izučavanju i izdvajanju pojedinih listova ili dijelova cjeline. I kao što reče jedan od utemeljitelja "sintetske evolucijske teorije", poznati paleontolog G. G. Simpson priznati nam je da i danas znanstvenici, slično kao što su stari Grci u vatri više vidjeli element - a ne proces, u proučavanju evolucijskog procesa razaznaju elemente koji samo prividno postoje.

Ukoliko je proučavanje organskog svijeta geološke prošlosti također proučavanje nekad živoga, slično vatri, organskog procesa - dinamičkog odnosa populacije i okoliša u nekom vremenu - onda su utoliko dostignuća i spoznaje koje je profesor Herak prije pedeset godina objelodanio kamen temeljac koji ne trebamo brzo zasuti. Stoga nam se čini da njegova davnašnja rasprava o špiljskim medvjedima hrvatskih nalazišta može biti klasično štivo i današnjim istraživačima.



Naš odnos prema znanosti

Milan Herak

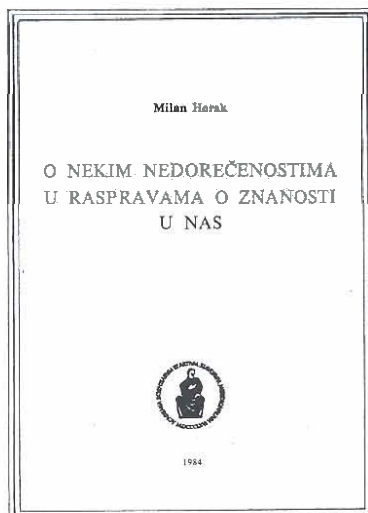
"...Sve učestalije rasprave u našoj znanosti, u različitim prilikama i na različitim razinama, odvijaju se, više ili manje, u zatvorenom krugu, bez izrazitijih korisnih posljedica, usprkos udjelu mnogih kompetentnih sugovornika. To je očit znak da nešto ostaje nedorečeno, kako u pristupu tim raspravama tako i u formulacijama zaključaka.

Da bi se to izbjeglo, potrebno je, uz ostalo, umjesto sve češćih monologa voditi dijalog, osobito između društveno-političkih tijela (u kojima se o znanosti govori, uglavnom, s naglaskom na općim sistemskim rješenjima, koja treba da daju plodove u budućnosti) i znanstvenih radnih organizacija i udruženja u kojima se glavna pažnja usmjerava na nedostatke postojeće prakse. Dakako da bi se i izmjena mišljenja trebala zasnivati na snazi argumenata a ne autoriteta, što bi i inače trebalo biti imanentno svakoj raspravi, ne samo o znanosti. ..." (str. 5)

"... Može to biti rasprava s više ili manje utilitarističkom intonacijom, na temelju načelno usvojene ili stečene spoznaje o važnosti primjene znanstvenih rezultata u svakodnevnom životu. Takve su rasprave i najčešće jer je za njih dovoljno određeno pasivno (naučeno) znanje. Do neprilika dolazi tek kada izostane sklad između znanja i moći odlučivanja. Tada se veoma lako pobrkaju i mogućnosti, što može imati znatnog utjecaja na postavljanje cilja istraživanja, na izbor istraživača i na visinu sredstava koja je potrebno osigurati za tu svrhu. Svi ti nedostaci zajedno, ako se češće ponove, mogu posredno izazvati sumnju u ulogu i doseg same znanosti, bez njezina stvarnog udjela. Takvih primjera, na žalost, ima dosta. Preispitivanje nekih neuspjelih 'znanstvenih' (valja čitati: pseudoznanstvenih) pokušaja pokazalo bi da ih valja svrstati upravo u tu kategoriju, i to ne zbog nedostatka primijenjenih istraživanja već zbog izostanka njihove artikulacije s fundamentalnim znanstvenim spoznajama." (str. 6)

"Za to je potrebno aktivno znanje stečeno (i stjecano) vlastitim istraživanjima u širokom tematskom rasponu, a uz to i kompetentno poznavanje i povezivanje i djelatnosti drugih i konzekven-

cija te djelatnosti u proizvodnoj i društvenoj praksi različitih društvenih uređenja, u prošlosti i u sadašnjosti, uz sklonost teorijskom uopćavanju konkretnih spoznaja. Na toj se osnovi može raspravljati i o klasifikaciji znanstvene djelatnosti, o njezinoj društvenoj uvjetovanosti, o artikulaciji različitih spoznaja u formiranju pogleda na svijet kao cjelinu, kao i na određeno društvo, zatim o njihovoj uzajamnoj ovisnosti itd. To ujedno znači da je u bilo kojoj sredini malen broj znanstvenika koji to mogu učiniti potpuno kompetentno i odgovorno. No, to ne znači da nije mnogo veći broj onih koji zaključke mogu verificirati u vlastitoj istraživačkoj ili proizvodnoj praksi, pa time epistemološka istraživanja mogu imati mnogo širu platformu i izazvati mnogo širi interes i utjecaje. ..." (str. 7)



"...Činjenica je da bez pravih visokovrijednih teorijskih, kao ni praktičnih rezultata nema bez, nazovimo je, znanstvene svakodnevice u kojoj se, uz ostalo, kale novi istraživači. Zato je potrebno pozitivno vrednovati svako istraživanje koje zadovoljava objektivne kriterije u pogledu znanstvene tematike i primijenjene metodike, bez obzira na konkretan uspjeh u nekom kraćem (pa i dužem) vremenskom razmaku. Jer, sva su ta istraživanja potencijalni i (na dulji rok) jedini izvor budućih vrednijih i nepredvidivih rezultata, do kojih se u pravilu dolazi skokovito, ali ne bez kontinuiranog rada. Osim toga, neposredna korist i ta-

kvih istraživanja očituje se u izobrazbi novih istraživača, koji će širiti platformu znanstvenog razmišljanja ne samo u okviru znanosti nego i u bilo kojoj proizvodnoj ili društvenoj djelatnosti. To u pojačanoj mjeri vrijedi za istraživanja u znanstveno-nastavnim ustanovama, u koja su (ili bi trebalo da su) uključeni i studenti na svim stupnjevima edukacije. Za sve njih je gotovo važnije stečeno pozitivno istraživačko iskustvo od konkretnih rezultata (iako ni njih ne treba zanemariti). Jer, jedan je rezultat u tom slučaju osiguran, a to je stručnjak koji će su svakoj prilici biti u stanju da prihvatiti znanstvene rezultate i da u svojem i u tuđem radu više cijeni znanstveno-analitički pristup nego dogmatsku dosljednost. ..." (str. 15)

"... Ako smo, primjerice, odlučili da je obveza fakulteta (i sveučilišta u cjelini) povezan znanstveno-nastavni rad u koji su uključeni i studenti, onda je to dragocjena ali i skupa investicija, pa i konstrukcija financiranja mora biti povezana i osigurana na početku radne godine. Tako bi se izbjeglo prebacivanje odgovornosti između pojedinih nosilaca sredstava, a fakultet bi se, umjesto neprestanog traganja za sredstvima, mogao usmjeriti na što bolje izvršavanje svoje uloge, bez potreba za dodatnim uvjerenjima da financiranje fakulteta za izvršavanje dogovorenih zadataka nije usluga nastavnicima već preduvjet da bi se mogao izvršiti dogovoreni društvenokoristan rad.

Ako su samostalni instituti osnovani radi intenziviranja znanstvenoga rada i dopunjavanja rada znanstveno-nastavnih ustanova, onda treba uskladiti njihov broj i područje djelatnosti s osnovnim ciljem da se ostvari šira komplementarnost i izbjegne suvišno preklapanje, pa onda na toj osnovi formirati i financijski plan, funkcionalnim povezivanjem sredstava, bez obzira na njihov izvor, koji će takvim institutima osigurati kontinuirano izvršavanje zadataka i tako omogućiti objektivno, trajno i dosljedno vrednovanje njihova rada i učinka. ..." (Iz Zaključaka na stranici 19)

(To su, po mišljenju autora sa čijim ih dopuštenjem objavljujemo, najvažniji dijelovi duljeg teksta iz publikacije Milan Herak: "O nekim nedorečenostima u raspravama o znanosti u nas", JAZU, Zagreb, iz 1984. Čini se da se u tih trinaest godina što je od tada preteklo u nas vrlo malo toga promijenilo na polju politike prema znanosti. Op. ur.)

Čovjek i računalno u šahu

Tomislav Krčmar

U jednom od najželjnije iščekivanih uzvratnih susreta u nešto više od stotinu godina dugoj povijesti borbe za svjetsku šahovsku krunu, ruski velemaistor Garry Kasparov i IBM-ov superkompjutor "Deep Blue" ("Duboka modrina") obnovili su svoje suparništvo što je počelo prije petnaestak mjeseci kad je u Philadelphiji Kasparov tu napravu pobijedio u šest partija, iako je izgubio prvu.

Ključno pitanje što se postavljalo prije ovog natjecanja bilo je može li uređaj napravljen ljudskim umom nadvladati čovjeka u šahu, igri što je stoljećima slovila kao najviši izraz razumnog mišljenja? Stoga je bilo premnogog osjećaja na obje strane šahovske ploče: neumoljiva Kasparovljeva želja za pobjedom protiv razumljive težnje računalnih znanstvenika koji su proveli godine istražujući kako napraviti najmoćniju moguću računalnu napravu.

"Upravo sada smo u stanju kada možemo nastojati razumjeti naš odnos prema računalima", izjavio je prije šahovskoga matcha Joseph Hoane, jedan od onih koji su izradili "Deep Blue". "Računalno mi je pokazalo stvari što ih nisam mogao nigdje drugdje saznati. To je alatka što nam pomaže da mislimo bolje i upravo to je jedan od glavnih razloga zašto smo ovdje."

Garryja Kasparova, starog tek 34 godine i od njegove dvadesetidruge svjetskog šahovskog prvaka, mnogi stručnjaci smatraju najboljim igračem

te drevne igre koji je ikada živio. A susreo se s 'izazivačem' što je udvostručio brzinu računanja prema prošlogodišnjem svojem slabijem prethodniku. Još važnije je bilo što je u njegove računalne naputke, *software*, ugrađeno mnogo više znanja o šahu nego li prije godinu dana.

IBM je nakon prošlogodišnjeg poraza "Deep Blue" u prvome *matchu* tih suparnika zaposlio američkog velemaistora Joela Benjamina da cijelo svoje radno vrijeme provodi s pet računalnih znanstvenika u pripremi za taj šahovski susret. Valja znati da "Deep Blue" može ispitati stotine milijuna šahovskih pozicija u sekundi a sada i ocjenjuje strategiju i relativnu vrijednost svake figure na ploči u svakoj poziciji, tvrde IBM-ovi stručnjaci.

Računala su već i prije pobjedila Kasparova i ostale vodeće svjetske velemaistore u ubrzanim partijama na jedan sat ili kraće - ali ne i u klasičnom šahu gdje pojedine partije mogu trajati i do šest sati. Kasparovljevi porazi u prvoj prošlogodišnjoj partiji u Philadelphiji bio je povijesni - prvi puta je svjetski prvak izgubio u igri protiv računalnog naputka u klasičnim strogim natjecateljskim uvjetima. A ovaj nedavno u New Yorku izgubljeni dvoboj nedvojbeno znači i novu stranicu u razvitku zamisli o ljudskome umu, razmišljanju i o t. zv. 'umjetnoj inteligenciji'.

"Čovječanstvo je sada u položaju kad želi vidjeti neke nove praktične rezultate rada na računalima i taj specifični rezultat najjasnije može dobiti u šahu", izjavio je Kasparov dok se pripremao u hotelskoj sobi na Manhattanu danima prije susreta. "I ja ću to omogućiti!" Igranje šaha smatra se idealnim za računala jer se ta igra sastoji od određenog ograničenog broja fizičkih objekata - figura, što su upravljani jednostavnim i jasno određenim pravilima - dopuštenim šahovskim potezima! Stoga svi koji su bili uključeni u taj povijesni dvoboj opisuju ga kao svojevrsni pokušaj što je trebao pomoći da se izradi računalno sposobno za najsloženija istodobna računanja velikih brzina.

U IBM-u izjavljuju kako bi računalni naputak sličan "Deep Blue" mogao biti is-

korišten za nadzor zračnog prometa, za mnogo točnije predviđanje vremena u meteorologiji kao i u proučavanju molekularne dinamike što je vrlo važna u novoj, 'molekularnoj' medicini. Ta naprava zapravo su dva 1,9 metara visoka crna modula a svaki od njih ima 16 procesora. Glavno računalno smješteno je u IBM-ovom istraživačkom središtu dok je njegov dvojniki postavljen na poprištu susreta, u uredu u neboderu na Manhattanu.

Sam dvoboj imao je prilično neobičan tijek, a i priče što su ga pratile govorile su, u pravilu, da se zbiva nešto vrlo važno ali i pomalo neočekivano pa i tajanstveno i možda čak misteriozno. U prvoj partiji pobijedio je Garry Kasparov i činilo se kao da će se ponoviti prošlogodišnji prvi dvoboj iz Philadelphiae - ali to je bio posve krivi i samo trenutni dojam. Već drugu partiju dobio je "Deep Blue" i to ne baš u posve jasnim okolnostima. Naime, neki vrhunski šahisti koji su u New Yorku promatrali taj dvoboj ustvrdili su da je Kasparov, zapravo, predao posve izjednačenu poziciju te da je partija morala završiti neodlučeno. Kasnije je i sam Kasparov priznao da je možda to uistinu točno - ali nije i pokušao objasniti zašto je to uradio.

Sljedeće tri partije završile su remisima, iako su promatrači kasnije nakon svake od njih izjavljivali da ju je Kasparov zapravo trebao dobiti - ali se računalno čudesno izvlačilo. Neki od tih spasonosnih poteza uistinu su sjajni i, vjerojatno, nije posve krivo tvrditi da ih niti jedan čovjek prije 'nije vidio' - što, svakako, znači da je računalno odigralo vrhunski.



Završna pozicija u drugoj partiji dvoboja, što ju je Kasparov predao



Završna pozicija šeste partije

Kako su ti komentari o Kasparovljevim 'propuštenim prilikama' na njega djelovali nije poznato, ali nije teško pretpostaviti da su znatno 'uzdrмали' njegovo samopouzdanje i vjerovanje u vlastito šahovsko znanje. To, na šahovski vrlo jasan način svjedoči i šesta, posljednja partija, kad je Garry Kasparov doživio neočekivanu ali pravu katastrofu: izgubio je partiju nakon manje od jednoga sata igranja i odigranih 19 poteza!!! To mu se do sada nikada nije dogodilo, čak niti na početcima kada je prije približno četvrt stoljeća stupio u šahovsku arenu. Cijeli svijet i to ne samo šahovski bio je ne samo jako iznenađen nego i šokiran spoznajom da je, ipak još neočekivano, nastupilo posve novo doba u šahovskoj igri. To više nije izraz samo ljudskog vrhunskoga znanja i više nikada u njoj Čovjek neće biti superioran i neprikosnoven.

Naravno, pojavili su se komentari i novinski članci s naslovima i sa sadržajem poput "...glupo' računalo pobijedilo svjetskog šahovskog prvaka..." ili "...naprava pobijedila čovjeka!...". Odmah zatim sve glasnije sljedila su tumačenja kako je, eto, 'lukavi' Garry pustio računalo da pobijedi kako bi u novom dvoboju mogao zaraditi mnogo više novaca. A i pitanje je koliko je stvarno dobio nakon ovog poraza, pitali su se svi oni koji nikako nisu mogli i još uvijek ne mogu povjerovati da je Kasparov uistinu izgubio dvoboj protiv 'obične računalne naprave'. Gotovo da su takvu pomisao shvaćali kao uvredu ljudskome rodu!

No to, ipak, najvjerojatnije nije točno. Garry Kasparov je previše ponosan i uvjeren u premoć vlastitog uma da bi se tako poigrao s povjerenjem. A, osim toga, uopće nije umjesno smatrati taj medijski toliko po cijelome svijetu praćeni događaj kao sukob čovjeka i obične naprave. Naime, i "Deep Blue" je također djelo i izraz ljudskog uma te iz toga 'povijesnoga dvoboja' kao pobjednik u svakome slučaju izlazi čovjek. To što velika većina to nije razumjela i još uvijek ne razumije ne mijenja na stvari - "Deep Blue" je samo izraz ljudskog znanja i posljedica činjenice da čovjek postupno ali i nezaustavljivo upoznaje i 'tajne' što su još do nedavno izgledale zauvijek nedokučive, tajne djelovanja ljudskog uma i načine i pravila razmišljanja.

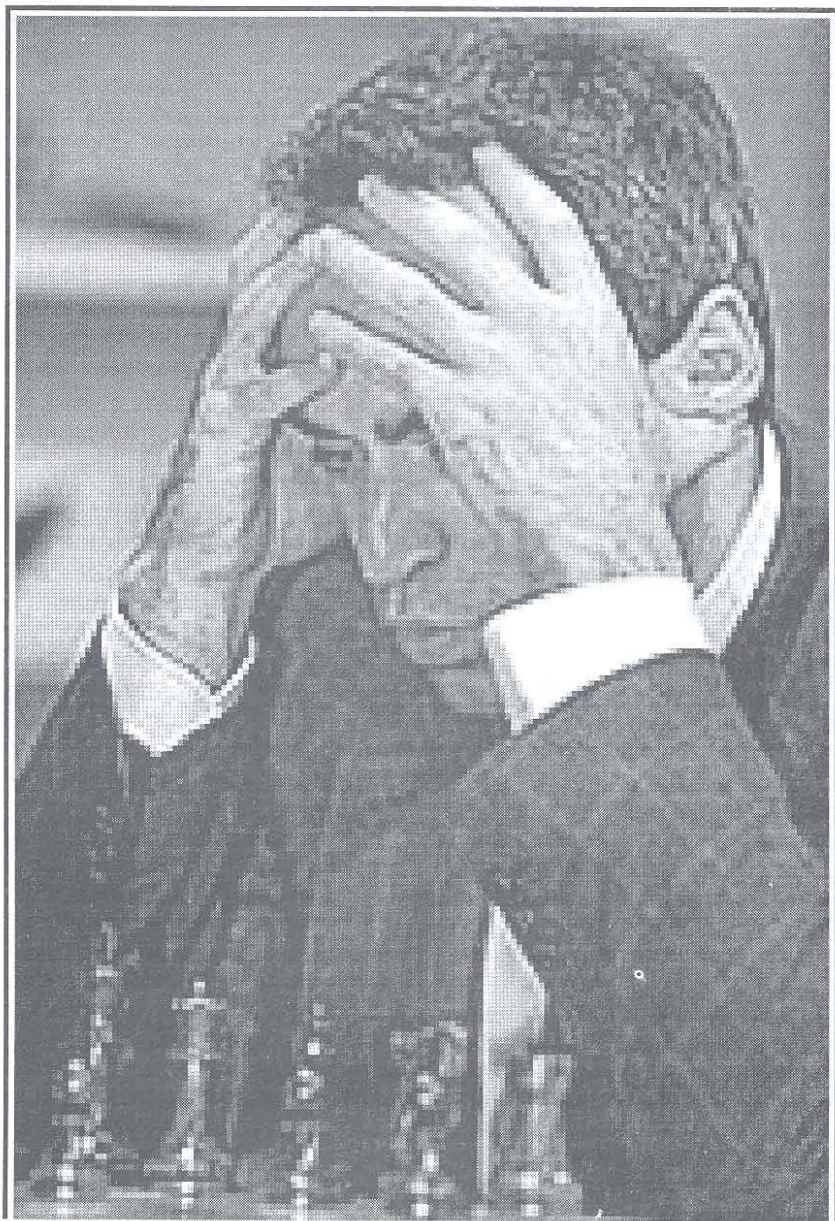
Naime, suprotno onome što velika većina misli, bit uspjeha IBM-ova računala što tako dobro 'igra šah' nije

činjenica da su u njegovoj memoriji ili pamtilu pohranjene sve zanimljive do sada odigrane šahovske partije ili, barem, pravila kako se trebaju i koji potezi vući u otvaranju partije i daljnjem njezinom tijeku - nego u činjenici da su postupci valjanog ljudskog razmišljanja pretočeni u algoritme a oni zatim pretvoreni u *software* ili računalne napatke. Drugim riječima, u računalu je rekonstruirano stvarno ljudsko razmišljanje i to ono besprijekorno i nepogrješivo, sa svim potankostima i vrijednostima - i čovjek, pa ma i najuspješniji među nama, protiv toga nema više nikakvoga izgleda.

I upravo ta nedvojbeni činjenica na najbolji način dokazuje promašenost i ispraznost Kasparovljeve izjave s početka toga šahovskog 'dvoboja za povijest': "Ako ništa drugo, "Deep

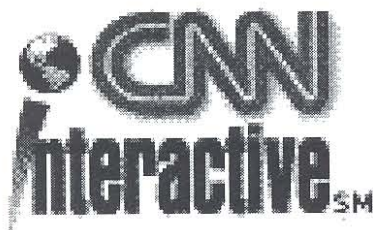
Blue" nema intuiciju - i stoga nikada neće pobijediti u takvom šahovskom dvoboju!". Kasparov je, naime, zaboravio da je intuicija, prema definiciji, sposobnost izravnog shvaćanja bez podvrgavanja procesu mišljenja - što znači da može, a vrlo često se to i događa, dovesti i do krivog zaključka. Zlobnici bi, stoga, rekli da je u ovome šahovskome dvoboju stvarno i odlučila intuicija, ali onda kad je Kasparova navela da preda izjednačenu, remis, poziciju u drugoj partiji.

A što se tiče "...nadmoći naprave nad čovjekom..." još jednom valja naglasiti da je to posve kriva i izlišna dvojba. Naime, i tu napravu napravio je čovjek ... pa zato taj događaj valja shvatiti samo kao nedvojbeni trijumf ljudskoga uma - i nikako drukčije!





Mladeži privlačne znanost i matematika



Atlanta, CNN

Američka mladež ima barem jedno oko stalno otvoreno za znanost i za matematiku te stoga vrlo brzo uključuje računalna i odgovarajuću najsuvremenije tehnologiju u svoj svagdanji život. To je zaključak ankete što su je proveli CNN, "USA Today" i Gallup a za potrebe The National Science Foundation (Nacionalne znanstvene zaklade).

Mladež (ispitano ih je 744 starih između 7 i 12 godina) daje u školi prednost matematici i znanosti (56 posto) pred engleskim i povješću (40 posto, ostali se ne mogu odlučiti). Gotovo dvije trećine je reklo kako bi

željelo studirati više o medicinskim istraživanjima, računalnoj tehnologiji i istraživanju svemira. Djevojke su više naklonjene medicinskim istraživanjima (69 posto) dok dječaci više vole studirati računalnu tehnologiju (67 posto) i istraživanje svemira (također 67 posto).

Ispitanici su pretežno izjavljivali kako vjeruju da su računalne vještine (*computer skills*) vrlo važne za bolje življenje (82 posto) i spremni su uložiti vlastito vrijeme i trud kako bi ih stekli. Devedeset i devet postotaka ispitanice mladeži izjavilo je kako se služilo računalom barem jednom i da su to prvi puta učinili približno i u prosjeku s devet godina. A čak četrdeset i četiri postotka izjavilo je kako se računalom služi svakodnevno, dok je trideset i šest postotaka njih reklo kako to čini barem jednom tjedno. I dok je igranje, razumljivo, najčešće (to radi 93 posto ispitanika), za time mnogo ne zaostaje niti pisanje školskih zadaća (89 posto).

Ispitivači NSF zaključili su i da je Internet vrlo zanimljiv već i desetogodišnjacima. Čak 56 posto ih je izjavilo kako na Internetu istražuju za školske potrebe, ali ih je 57 posto reklo kako lutaju mrežom (*Net surfing*) i zbog drugih razloga. Najljepše je što je čak 77 postotaka ispitanice mladeži izjavilo kako mnogo radije istražuju po Internetu nego da te obavijesti traže po knjigama. I još nešto je vrlo zanimljivo: iako je to ispitivanje pokazalo kako se i djevojčice i dječaci računalom koriste približno u jednakome broju, dječaci lutaju Internetom gotovo dva puta više od djevojčica.

Američka mladež još uvijek prosječno gotovo 20 sati tjedno provede pred zaslonom televizora dok je pred zaslonom računala tek nešto više od 4 i pol sata tjedno. Ali 77 postotaka od njih je reklo kako ne bi moglo živjeti bez računala dok je 'jedva' 72 postotka to isto reklo za televizor.

Dvojbe o meteoritskom dokazu života na Marsu

New York, AP

Nova studija proturječi nalazima znanstvenika NASA-e da su u barem jednom meteoritu nađeni mikroskopski tragovi pradavnog života na Marsu. U znanstvenom radu što je objavljen u utorak, 20. svibnja, tri istraživača s Havajskog sveučilišta predstavili su slike dobivene elektronskim mikroskopom sa sada toliko razvikanog meteorita, znanog kao ALH84001. Prema njihovom objašnjenju tih slika, navodnih tragova života nisu nastali od drevnih organizama nego zbog golemog udarca što je zavrtlao stijenu u svemir prije mnogo milijuna godina.

Edward Scott, profesor havajskog Instituta za geofiziku i planetologiju, istraživao je sa svojim kolegama sićušni komadić spomenutog meteorita s Marsa što su ga dobili mnogo prije one velike halabuke prošlog ljeta. U tome uzorku je malo zrnca karbonata, ugljikova spoja, iste vrste kao i mineral što ga je skupina istraživača NASA-e shvatila kao znak da su mikrobi jednom živjeli u toj stijeni.

Istraživanje pomoću elektronskog mikroskopa pokazalo je da je zrnce karbonata oblikovano iz vrlo vruće tekućine pod visokim tlakom što je ispunilo pukotinu u stijeni. To se dogodilo za vrijeme udarca što je meteorit izbacio s Marsove površine, vitlajući ga kroz svemir, i konačno doveo do antarktičkog leda gdje je, smatra se, preveo najmanje deset tisuća godina prije no što su ga istraživači pokupili i donijeli u NASA-u.

Većina istraživača koji su se bavili tim meteoritom veličine ljudske šake stvarno smatraju da su spomenuta zrnca nastala za vrijeme sudara što je izbacio stijenu u svemir. Ali nekolicina ih pobija Scottov prijeporni zaključak što je poslan u uredništvo najuglednijeg znanstvenog časopisa, britanskog "Nature", s namjerom da dovede u dvojbu nalaz NASA-inih istraživača.

"Smatram kako je to uistinu zanimljivo opažanje ali mislim da to nije cijela nego samo polovica priče", izjavio je Allan Treiman, istraživač Mjesečevog i

planetarnog (*Lunar and Planetary*) instituta iz Houstona. Problem je da Scott i njegovi kolege, Akira Yamaguchi i Alexander Krot, nisu u svojem sićušnom uzorku imali karbonatne kuglice što su privukle NASA-ine istraživače koji smatraju da su to ostatci drevnih mikroba.

Havajska skupina istraživača dokazuje da kemijska sličnost kuglica i malih zrnaca što su ih istraživali pokazuje kako su oblikovani istim procesom. Ali, tu tvrdnju nisu prihvatili mnogi od njihovih kolega. "Dok oni govore o narančama, mi govorimo o jabukama", kaže Everett Gibson, jedan od NASA-inih istraživača koji su prošlog kolovoza objavili vijest o životu na Marsu. "Smatram da to nema nikakve sveze sa svime o čemu mi govorimo!".

Havajski istraživači zapravo su pokazali, kaže Treiman, da će havajski meteorit 'biti tvrdi orah za razbijanje'. I da će još mnogo trebati kako bi se ustanovilo što je to stvarno bilo.

O vrjednovanju znanosti

2. Scientometrijska analiza Instituta "Ruđer Bošković" (1975.-1995.).

Mladen Andreis

Institut "Ruđer Bošković" (IRB), najproduktivnija hrvatska znanstvena institucija, osnovan je god. 1950. kao institut za (atomsku) fiziku. Istraživanja na Institutu ubrzo su počela zadirati i u druga područja prirodnih i tehničkih znanosti (kemija, biomedicina, elektronika itd.), te su se tijekom vremena razvila brojna znanstvena, tehnološka i razvojna istraživanja. Od god. 1969. u sastav instituta ušao je i tadašnji Institut za biologiju mora JAZU u Rovinju.

1. Znanstvena produktivnost, citiranost i faktor utjecaja IRB

Scientometrijsko praćenje znanstvene aktivnosti pojedinih država i institucija na temelju podataka koji su sakupljeni u *Science Citation Indexu* (SCI)¹ moguće je od god. 1965. kada se u okviru publikacija *Institute of Scientific Information* (ISI) pojavljuje i posebna edicija - *Corporate Index* - u kojoj su sistematizirane adrese znanstvenih ustanova čiji su radovi registrirani u *Source Indexu* (u razdoblju 1965.-1974. sistematizacija institucija je na razini adrese institucije, a od god. 1975. primarna sistematizacija je na razini država). Praćenjem broja publikacija u razdoblju od god. 1975. do 1995. i njihovih citata (*Citation Index*) izračunat je niz scientometrijskih pokazatelja Instituta, njegovih organizacijskih jedinica, autora, znanstvenih područja i časopisa pomoću kojih je moguće usporediti pokazatelje IRB s istovrsnim pokazateljima znanosti u svijetu.

U promatranom su razdoblju 4358 rada zabilježena s 4455 adresa u 8 lokaliteta. Pet odrednica pomoću kojih se definira lokalitet, institucija i njene organizacijske jedinice zabilježene su na 527 različitih načina, a primarna odrednica institucije zabilježena je na 55 načina. Oblik *Rudjer Boskovic Inst* zastupljen je s oko 82%, pet adresa (*Rudjer Boskovic Inst*, *Inst Ruder Boskovic*, *Univ Zagreb*, *Inst Rudjer Boskovic* i *Rudjer Boskovic Inst*) s oko 15% a 49 različitih oblika s oko 3% (među kojima npr. *Ctr Marine Res*, *Med Ctr Pula*, *Pliva Pharm & Chem Works* itd.). Kao što neki radovi s adresom IRB nisu obuh-

vaćeni *Source Indexom*, tako su pogreškama u procesiranju podataka s adresom IRB zabilježeni i radovi drugih institucija i njihovih organizacijskih jedinica, kako domaćih tako i inozemnih (npr. *Brownlee Lab*). Dio radova je procesiran s pogrešnom kategorijom ili godinom publiciranja, a u nekim slučajevima izostavljen je dio koautora (gdje je bilo moguće podaci su ispravljani u skladu s izvornim člankom).

nosi se na one osobe koje su pojedinih godina s takvim statusom i registrirane u izvještajima. Broj SCI jedinica, odnosi se na one jedinice koje su u SCI registrirane s adresom IRB. S obzirom da SCI ne procesira uvijek sve adrese na isti način³ (posebice ne one u kojima se adresa IRB nalazi u noti), u ovom prikazu nisu obuhvaćeni svi radovi u kojima je na bilo koji način sadržana adresa IRB već samo oni koji su registrirani u *Source Indexu*, tj. koji

Tablica 1. Scientometrijski pokazatelji IRB (1975.-1995.)

God.	Broj istraživača ¹	Broj SCI jedinica	c_{04} ²	c_{04} /jedinice	SCI jedinice/istraživač	Faktor utjecaja IRB
1975.	336	115	375	3.26	0.34	
1976.	340	201	464	2.31	0.59	
1977.	347	167	411	2.46	0.48	1.225
1978.	351	138	303	2.20	0.39	1.011
1979.	367	177	416	2.35	0.48	1.079
1980.	379	204	442	2.17	0.54	1.117
1981.	389	160	396	2.47	0.41	0.982
1982.	410	138	354	2.56	0.34	0.962
1983.	413	212	490	2.31	0.51	1.094
1984.	408	202	455	2.25	0.49	1.163
1985.	425	168	404	2.40	0.39	0.877
1986.	427	208	471	2.26	0.49	1.165
1987.	437	239	680	2.84	0.55	1.059
1988.	463	219	651	2.97	0.47	1.121
1989.	482	235	577	2.45	0.49	1.354
1990.	491	208	504	2.42	0.42	1.110
1991.	516	259	565	2.18	0.50	1.122
1992.	514	263			0.51	1.006
1993.	504	283			0.56	0.952
1994.	517	289			0.56	1.037
1995.	509	273			0.54	1.054

¹Prema podacima iz godišnjih izvještaja IRB: djelatnici koji su u navedeni kao istraživači (također su uključeni asistenti-postdiplomandi, mladi istraživači, mladi asistenti i znanstveni novaci).

² c_{04} = broj citata u petogodišnjem razdoblju.

U Tablici 1 prikazano je kretanje znanstveno-istraživačkog kadra i neki osnovni scientometrijski pokazatelji IRB. Broj istraživača određen je na temelju podataka iz godišnjih izvještaja IRB² i od-

se uzimaju u obzir prilikom usporedbe znanstvenih pokazatelja država i institucija. Detaljni prikaz kretanja SCI jedinica i njihovih citata prema godinama i tipu članka prikazan je u Tablici 2.

Tablica 2. SCI registrirane jedinice s adresom IRB i njihovi citati. Pregled prema godinama i tipu SCI jedinice.¹

God.	Tip SCI jedinice							Broj citata do god. 1995.						
	ukup.	zn. ²	R ³	L,N ⁴	M ⁵	E ⁶	I ⁷	ukup.	zn. ²	R ³	L,N ⁴	M ⁵	E ⁶	I ⁷
1975.	115	96	2	11	6	-	-	1458	1371	30	56	1		
1976.	201	134	1	17	49	-	-	1557	1449	2	83	23		
1977.	167	144	1	14	8	-	-	2368	1961	311	96	0		
1978.	138	112	-	14	12	-	-	1210	1116		89	5		
1979.	177	131	1	21	24	-	-	1742	1533	28	173	8		
1980.	204	155	2	22	23	1	1	1616	1388	66	158	3	0	1
1981.	160	139	4	9	8	-	-	1537	1295	211	30	1		
1982.	138	119	1	17	-	-	1	1398	1189	30	179			0
1983.	212	185	-	15	10	2	-	1876	1750		126	0	0	
1984.	202	170	1	15	14	2	-	1732	1613	55	56	1	7	
1985.	168	150	-	8	10	-	-	1299	1235		60	4		
1986.	208	184	1	9	12	2	-	1499	1416	1	30	2	0	
1987.	239	202	2	19	12	4	-	2169	1899	152	115	2	1	
1988.	219	182	3	17	13	3	1	1762	1606	15	140	0	1	0
1989.	235	211	4	17	1	2	-	1505	1294	124	87	0	0	
1990.	208	183	5	12	7	1	-	1106	935	132	39	0	0	
1991.	259	233	-	18	5	3	-	1001	949		51	1	0	
1992.	263	243	3	12	1	3	1	855	815	12	27	1	0	0
1993.	283	256	1	22	2	1	-	665	612	3	50	0	0	
1994.	289	257	1	26	2	3	-	358	325	2	31	0	0	
1995.	273	247	2	16	5	2	-	84	79	0	5	0	0	
Ukup.	4358	3733	35	331	224	29	4	28747	25830	1174	1681	52	9	1

¹U ovom pregledu nije napravljena korekcija pogrešaka s obzirom na tip rada (vidi tekst)²zn. = (izvorni znanstveni) radovi³R = pregledni članci (Review)⁴L = pisma (uredništvu) (Letter); N = note (Note)⁵M = sažeci s znanstvenih skupova (Meeting abstracts)⁶E = urednički članci (Editorial)⁷I = biografski članci (Individuals)

U Tablici 1 također su prikazani i petogodišnji pokazatelji citiranosti SCI jedinica (C_{04} - razdoblje od "nulte" do četvrte godine po objavljivanju rada) kao i broj citata po radu u istom razdoblju. Prosječna vrijednost produktivnosti istraživača IRB iznosi jedan rad u dvije godine, tj. približno je jednaka svjetskom prosjeku koji iznosi oko 0,54 rada po istraživaču godišnje⁴. Autori manjeg broja članaka s adresom IRB (134) zaposlenici drugih institucija, vanjski suradnici IRB, ili pak u godini kada je rad objavljen nisu bili zaposleni na IRB. Među (ko)autorima SCI registriranih jedinica također se nalazi i dvadestak tehničkih suradnika IRB.

Detaljni prikaz SCI jedinica i njihovih citata (Tablica 2) pokazuje svoj-

stva karakteristična pojedinim tipovima radova. Oko 86% SCI registriranih jedinica sačinjavaju znanstveni radovi koji su u promatranom razdoblju citirani 25830 puta (oko 7 citata po radu). No, potrebno je naglasiti da SCI sadrži veliki broj netočnih informacija u svim indeksima, a ponajviše u indeksu citata³ te je utvrđeno da se pogreške prilikom identificiranja citiranih radova mogu kretati i do 40%. Procjene o udjelu i tipu pogrešaka su različite. Tako se npr. uz srodnu ediciju *Current Contents* (ekvivalent *Source index* koji obuhvaća nešto veći broj časopisa) navodi preciznost veća od 99% dok je npr. analiza uzorka iz 5 američkih stomatoloških časopisa (500 literaturnih jedinica) pokazala da polovica referencija sadrži netoč-

nosti različite prirode i identifikacijskog značaja.⁵ Prilikom detaljnije analize najcitiranijih radova (Tablica 6) primjećene su netočne kategorizacije nekih SCI jedinica (ovaj tip pogreška nije ispravljen). Tako su npr. najcitiraniji rad s adresom IRB (1977. godina; 311 citata) te rad iz časopisa *Vet. Immunol. Immunopathol.* (1987. godina, 150 citata) u SCI registrirani kao pregledni članci. Iako su revijski članci u pravilu najcitiranija grupa SCI jedinica, broj od 1174 citata (33,5 citata po radu prema SCI) treba umanjiti za 461, tj. uz ovu korekciju proizlazi da pregledni članci s adresom IRB imaju prosječno 21,6 citata po radu (33 članka s 713 citata), odnosno da je podatak o 33,5 citata po radu precijenjen za približno 55%. Kongresni sažeci (5% SCI jedinica) najmanje su citirane znanstvene SCI jedinice te su s 0,2 citata po radu sumjerljivi s uredničkim i biografskim priložima (broj kongresnih sažetaka je god. 1989. smanjen s oko 130 tisuća na oko 37 tisuća godišnje)¹.

Posljednji stupac u Tablici 1 prikazuje faktor utjecaja IRB koji je, u skladu s njegovom definicijom, izračunat kao omjer broja citata u dotičnoj godini koji se odnose na radove objavljene u prethodne dvije godine i ukupnog broja radova u prethodne dvije godine. Srednja vrijednost faktora utjecaja (f.u.) IRB iznosi 1,075 te je relativno stabilna tijekom dvadesetogodišnjeg razdoblja. Izuzeci su godine 1977. i 1989., kada je f.u. 1,354 posljedica je velikog broja citata nekolicine radova objavljenih tijekom god. 1987. i 1988. (usp. Tablicu 6 i Sliku 2). Da bi se faktori utjecaja IRB i SCI (čija je prosječna vrijednost oko 1,4-1,5) mogli usporediti, potrebno je utvrditi da li relativno stabilni f.u. IRB potječe od stabilnih f.u. pojedinih znanstvenih područja ili je pak posljedica sumarnog efekta različitih kretanja u pojedinim disciplinama. S obzirom da IRB obuhvaća istraživanja čiji su rezultati objavljeni u časopisima koji pripadaju 79 znanstvenih područja treba odrediti scientometrijske pokazatelje pojedinih disciplina te ih usporediti s istovrsnim SCI pokazateljima. Naime, ukoliko bi znanstvena djelatnost IRB bila isključivo biokemija i molekularna biologija tada bi f.u. od oko 3,4 odražavao svjetski (SCI) prosjek njegove kvalitete, dok bi npr. u slučaju isključivo matematičkog instituta SCI prosjek odgovarao f.u. od svega 0,3.

2. Scientometrijska analiza znanstvenih područja

Podaci o faktorima utjecaja područja ne nalaze se u SCI te ih je potrebno izračunati, tj. zbrojiti sve citate svih časopisa određenog područja koji se odnose na radove publicirane u dvije prethodne godine te ih, u skladu s definicijom faktora utjecaja podijeliti s brojem radova u istim časopisima u istom razdoblju. S obzirom da se f.u. područja i časopisa mijenjaju tijekom duljeg vremenskog razdoblja za precizniju analizu

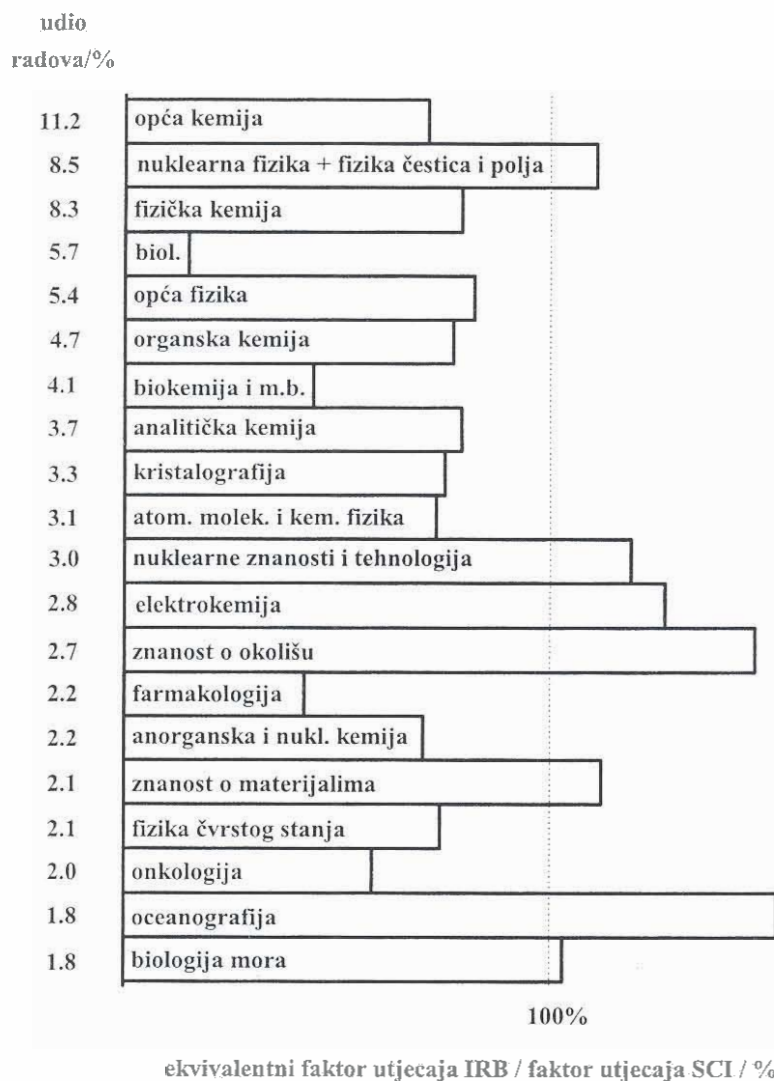
godišnjim pokazateljima jer su zbog različite dinamike citiranja za pojedina područja (usp. Sliku 2) vrijednosti od oko 20% manjih do 30% većih u odnosu na f.u. područja izračunate po analogiji s f.u. časopisa.

U ovoj su analizi izračunati f.u. područja za god. 1989, a za područja i časopise u kojima su objavljeni radovi s adresom IRB izračunati su ekvivalentni faktori utjecaja (e.f.u.) kao polovica vrijednosti omjera citata u prvoj i drugoj godini po objavljivanju rada (c^{12}) i broja radova objavljenih u "nulto" godini⁹. Usporedba

razdoblja 1975.-1993. imaju u prosjeku veći f.u. od SCI f.u. istih područja. Međutim, uzimajući u obzir da je prilikom pretraživanja citata pojedinih radova identificirano vjerojatno samo oko 80% citata koji su nađeni pod ispravnim prezime-nom prvog autora³, može se pretpostaviti da su stvarne vrijednosti e.f.u. pojedinih područja i do 30% veće. Stoga se apsolutna srednja vrijednost f.u. IRB od 1,075 (odnosno omjer e.f.u. IRB i f.u. SCI od oko 0,80) realno može korelirati s preko 90-95% vrijednosti prosječnog f.u. SCI. Najmanji omjer faktora utjecaja IRB i SCI zabilježen o području biologije posljedica je relativno velikog broja radova i kongresnih sažetaka objavljenih u domaćem časopisu *Per Biol.*, čiji f.u. iznosi svega oko 7% područja biologije

Praćenjem kretanja pojedinih pokazatelja u kraćim vremenskim razdobljima moguće je utvrditi njihovo ponašanje tijekom vremena te u nekim slučajevima i procijeniti buduća kretanja. Tablica 3 prikazuje kretanje pokazatelja produktivnosti (prosječni godišnji broj SCI jedinica) i kvalitete (omjer f.u. IRB i SCI) po petogodišnjim razdobljima za područja prikazana na Slici 1.

Kretanje pokazatelja u petogodišnjim razdobljima ukazuje na kontinuirani porast prosječno objavljenih radova godišnje od oko 160 početkom promatranog razdoblja do oko 253 početkom devedesetih godina. Opće povećanje broja radova posljedica je sve većeg broja istraživača (Tablica 1), no relativni odnosi produktivnosti utvrđene na temelju znanstvenog područja kojem časopisi pripadaju i broja istraživača ukazuju na razvoj ili moguće gašenje pojedinih područja. Međutim, preciznost ovakve analize znatno je otežana (a) nedovoljno definiranim područjima opće kemije i opće fizike u čijim časopisima je publicirano oko 16,5% SCI jedinica te (b) prekrivanjem znanstvenih područja koje je u nekim slučajevima vrlo teško razdvojiti. Neki interdisciplinarni časopisi, koji nisu obuhvaćeni za to predviđenim područjem, pripadaju dvama ili trima područjima, dok analiza citata pojedinih radova ukazuje na još godinama stariji razdoblje za određivanje područja. Naime, ukoliko pojedini rad objavljen u časopisima iz područja opće kemije ili opće fizike postigne relativno veliki broj citata, analizom časopisa prema područjima u kojima se citati nalaze može se utvrditi kojem užem području kemije ili fizike dotični rad pripada. S obzirom da i kemičari i fizičari publiciraju u časopisima iz pod-



ekvivalentni faktor utjecaja IRB / faktor utjecaja SCI / %

Slika 1. Omjer ekvivalentnog faktora utjecaja IRB i faktora utjecaja SCI za znanstvena područja u čijim časopisima publiciran najveći broj SCI jedinica s adresom IRB

trebalo bi izračunati njihove prosječne vrijednosti npr. u petogodišnjim razdobljima, lako pojedini autori naglašavaju da je dvogodišnje razdoblje prekratko za objektivnu analizu citata, petogodišnje pokazatelje pojedinih područja koji su objavljeni za razdoblje 1981.-1985.⁶ nije moguće direktno usporediti s dvo-

e.f.u. IRB i f.u. SCI za dvadeset najzastupljenijih područja prikazana je na Slici 1.

Radovi objavljeni u časopisima koji pripadaju znanstvenim područjima: oceanografija, znanost o okolišu, elektrokemija, nuklearne znanosti i tehnologija, znanost o materijalima, nuklearna fizika i fizika čestica i polja te biologija mora u

Tablica 3. Scientometrijski pokazatelji radova s adresom IRB temeljeni na znanstvenom području časopisa u kojem su radovi objavljeni (1975.-1993.)

Znanstveno područje časopisa	SCI registrirane jedinice godišnje				Ekv. faktor utjecaja IRB / faktor utjecaja SCI			
	1975-1979.	1980-1984.	1985-1989.	1990-1993.	1975-1979.	1980-1984.	1985-1989.	1990-1993.
IRB	159.6	183.2	213.8	253.2	0.74	0.76	0.83	0.81
opća kemija	24.4	24.4	20.2	20.2	0.75	0.84	0.65	0.55
nukl. fizika i fiz. čestica i polja	15.0	20.4	16.8	15.5	0.96	1.09	1.44	0.87
fizička kemija	11.6	14.2	18.6	23.5	0.71	1.03	0.70	0.75
biologija	18.6	10.2	8.2	8.0	0.05	0.11	0.36	0.26
opća fizika	7.0	10.6	12.4	14.0	0.65	0.50	1.19	0.84
organska kemija	10.2	9.8	8.0	10.0	1.07	0.70	0.45	0.83
biokemija i molekul. biologija	5.0	7.8	10.0	10.7	0.65	0.34	0.39	0.45
analitička kemija	5.4	4.6	9.2	11.5	1.15	0.83	0.67	0.70
kristalografija	5.6	8.2	6.4	6.0	1.17	0.62	0.65	0.67
atomska, molekul. i kem. fizika	6.2	6.4	5.2	7.0	0.91	0.55	0.99	0.52
nuklearne znanosti i tehnol.	1.8	3.0	7.2	13.2	0.66	0.97	0.75	1.65
elektrokemija	3.0	5.6	7.2	7.0	1.78	0.98	1.34	1.21
znanost o okolišu	1.2	3.8	9.2	8.0	1.93	1.51	1.59	1.24
farmakologija i farmacija	1.0	5.6	7.2	4.0	0.13	0.63	0.31	0.41
anorganska i nuklearna kemija	5.2	3.2	3.8	5.2	0.98	0.68	0.60	0.46
znanost o materijalima	2.0	2.6	3.8	9.5	0.73	1.51	0.95	1.18
fizika čvrstog stanja	4.0	2.2	4.6	6.0	0.75	0.51	1.32	0.30
onkologija	2.2	4.2	4.2	5.7	1.07	0.72	0.42	0.38
oceanografija	0.6	3.2	5.2	6.2	1.16	2.83	1.47	0.81
biologija mora i svježih voda	2.4	1.8	6.6	3.5	1.24	0.40	1.12	1.07

ručja kemije, fizike, geo-znanosti, zaštite okoliša, oceanografije, znanosti o materijalima i mnogim drugim područjima, a biolozi i veterinari npr. u području biokemije i molekularne biologije, praktički je nemoguće utvrditi pokazatelje za pojedine profile istraživača.

Među istraživačima je u promatranom razdoblju bilo oko 23% fizičara i 6% liječnika; udio kemičara smanjio se s oko 45% na 40%; udio biologa je u porastu s oko 8% na 15 % (god. 1961. bilo je svega oko 4% biologa) dok se udio elektrotehničara smanjuje s oko 8% na 4,5% (god. 1961. oko 13% istraživača bili su elektrotehničari). Među područjima čija je produktivnost u stalnom porastu nalazi se biokemija i molekularna biologija, onkologija, i oceanografija, dok je značajni porast u posljednjem razdoblju zabilježen u područjima fizičke kemije te nuklearne znanosti i tehnologije. No, ovo kretanje pokazatelja kvantitete nije uvijek popraćeno s odgovarajućim kretanjem pokazatelja kvalitete te većina područja pokazuje znatne oscilacije u pojedinim razdobljima, što je djelomično posljedica relativno malog uzorka za statističku analizu. Tako je u razdoblju 1975.-1979. svega oko 5% odgovarajućeg f.u. SCI pod-

ručja zabilježeno u biologiji (razlog je veliki broj kongresnih sažetaka u časopisu *Per. Biol.*), a najveća vrijednost (oko 2,8 puta veći f.u. od f.u. SCI) za 16 radova objavljenih u području oceanografije u razdoblju 1980.-1984. Relativni omjer f.u. IRB/SCI anorganske i nuklearne kemije kontinuirano se smanjuje od od 0,98 do 0,46, a onkologije od 1,07 do 0,38. Pokazatelji područja biologije u mnogo čemu odstupaju kako od istovrsnih pokazatelja na razini SCI tako i od analognih pokazatelja ostalih područja IRB. Naime, u ovom je području primijećen pad produktivnosti s oko 19 radova godišnje u razdoblju 1975.-1979. na oko 9 radova godišnje u razdoblju 1980-1993 (oko 50%), dok je istovremeno broj biologa porastao s 33 god. 1975. na 75 god. 1995. (više od 50%). Iz ovih podataka, dakako, ne proizlazi zaključak da biolozi znatno manje publiciraju, već je ovo kretanje posljedica niza čimbenika među kojima je najvažnija interdisciplinarnost istraživanja koja je rezultirala publikacijama u časopisima iz srodnih područja (biokemija, biofizika, biologija mora i genetika) kao i u časopisima iz područja onkologije, toksikologije, farmakologije, znanosti o okolišu, radiologije i nuklearne

medicine itd. Određeni utjecaj ima također i ukidanje kongresnih sažetaka iz domaćeg časopisa *Per. Biol.* (god. 1989.), kao i prestanak njegovog procesiranja u *Source indexu* (1993.).

3. Scientometrijska analiza časopisa

Prilikom usporedbe znanstvenih aktivnosti potrebno je utvrditi f.u. znanstvenih područja kako bi se mogli odrediti položaji časopisa unutar pojedinih područja. S obzirom da je SCI do sada jedina sveobuhvatna indeksna baza koja obuhvaća i citate navedene u procesiranim časopisima, u pravilu se sva scientometrijska istraživanja koja uspoređuju znanstvene pokazatelje na razinu država ili istraživača temelje na podacima iz SCI. Iako su procjene o broju časopisa obuhvaćenih SCI-om različite, te se kreću od oko 10% "najboljih" časopisa u Svijetu⁷, do 2.5% (oko 3200 od 126000 časopisa)⁸, njihova obuhvaćenost varira od područja do područja te je znatnim udjelom uvjetovana jezikom časopisa a ne (potencijalnom) kvaliteto. Naime, činjenica da u većini područja u pravilu uvijek postoje časopisi čiji su f.u. jednaki ili približno jednaki 0,000, ukazuje da bilo koji časopis iz istog područja koji nije obuhvaćen SCI-om može biti samo jednak ili bolji od časopisa s najmanjim f.u. koji su obuhvaćeni *Source indexom*.

Tako npr. scientometrijski pokazatelji nekih domaćih časopisa u kojima su istraživači IRB objavili znatni broj radova a koji nisu procesirani u indeksnoj bazi SCI imaju veći f.u. od časopisa koji su obuhvaćeni SCI-om. Utvrđivanje faktora utjecaja časopisa "Kemija u industriji" (*Kem. Ind.*) prema kriterijima SCI tijekom nekoliko godina pokazalo je da se njegov f.u. kreće oko 0,1-0,2, pri čemu je najveća vrijednost (u obzir su uzete sve kategorije radova - znanstveni, stručni, pregledi itd.) zabilježena god. 1981. Te se godine s vrijednošću f.u. od 0,253 časopis nalazio na oko 39% prosjeka područja kemijskog inženjerstva (0,648), što je sumjerljivo časopisu *Croat. Chem. Acta* u području opće kemije. Vrijednosti f.u. domaćih časopisa *Croat. Chem. Acta* i *Per. Biol.* iznose oko 44% prosjeka opće kemije, odnosno oko 7% prosjeka područja biologije.

Radovi s adresom IRB publicirani su u 652 SCI obuhvaćenih časopisa i kontinuirano (broj naslova je nešto veći jer su neki časopisi tijekom vremena mijenjali ime), a scientometrijski pokazatelji časopisa u kojima je publiciran najveći broj radova prikazan je u Tablici 4.

Tablica 4. Scientometrijski pokazatelji časopisa u kojima je publiciran najveći broj SCI jedinica s adresom IRB (1975.-1993.)

Časopis	Broj SCI jedinica	c_{12}^1	Faktor utjecaja časopisa (f.u.čas.)				Znanstveno područje	Faktor utjecaja područja ²	f.u.čas./ f.u.podr.	$c_{12}/$ f.u.čas.
			1974.	1985.	1994.	sred. ³				
CROAT CHEM	272	379	0.55	0.66	0.63 ⁴	0.59 ⁴	opća kemija	1.359	0.44	1.17
PER BIOL	194	56	0.15	0.16	-	0.13	biologija	1.797	0.07	1.08
J ELEC CHEM	85	270	1.57	1.83	2.02	1.94	elektrokemija	1.121	1.73	0.82
PHYS REV C	74	228	2.30	2.14	1.84	2.01	nuklearna fizika	1.395 ⁵	1.44	0.77
NUCL PHYS A	73	164	2.42	2.49	1.82	2.19	nuklearna fizika	1.395 ⁵	1.57	0.51
PHYS LETT B	55	328	3.43	3.92	3.06	3.43	opća fizika	2.105	1.63	0.87
MAR CHEM	52	124	-	1.93	1.69	1.64	oceanografija	0.718	2.29	0.73
INT J QUANT	51	100	1.02	1.41	1.49	1.31	fizička kemija	1.405	0.90	0.78
NUCL INST B	51	117	-	0.82	1.07	1.01	nuklearne znanosti i tehnol. ⁶	0.756	1.34	1.13
THEOCHEM ⁷	51	125	-	0.81	0.99	0.87	fizička kemija	1.405	0.62	1.41

¹ c_{12} = broj citata u slijedeće dvije godine po objavljivanju rada

²F.u. područja je izračunat na način definiran u SCI; podaci se odnose na god. 1989.

³Srednja vrijednost izračunata je kao aritmetička sredina f.u. časopisa za god. 1974., 1980., 1985., 1990. i 1994.

⁴O realnoj vrijednosti f.u. časopisa *Croat. Chem. Acta* vidi tekst.

⁵Nuklearna fizika i fizika čestica i polja u ovom su pregledu prikazane zajedno (5 od 9 časopisa iz područja fizike čestica i polja također se nalaze i u području nuklearne fizike).

⁶*Nucl. Instr. Meth. B* također se nalazi i u području nuklearne fizike.

⁷*Theochem* je naslov pojedinih svezaka časopisa *J. Mol. Struct.*, koji imaju i zasebnu numeraciju. Prilikom registriranja (*Source index*) navodi se kao THEOCHEM, dok se pri citiranju u pravilu nalazi kao J MOL STRUC (s različitim brojevima volumena).

U analizi časopisa potrebno je također ukazati na nekoliko pogrešaka u SCI koje znatno utječu na stvarni faktor utjecaja časopisa *Croat. Chem. Acta*. Naime, prilikom registriranja posljednjih svezaka (br.4) iz god. 1989., 1990. i 1992. sve su SCI jedinice u *Source indexu* pogrešno zabilježene s godinama 1990., 1991., odnosno 1993. Kako su izvorni članci u pravilu citirani s ispravnom godinom (ne uzimajući pri tome u obzir uobičajene pogreške ili pak npr. neispravni naziv časopisa kao *Croat. Chim. Acta*), to će se prema SCI podacima isti broj citata npr. za god. 1990. i 1994. odnositi na oko 10% manji broj radova, a za god. 1992. i 1993. na oko 10% veći broj radova (ovisno o citiranosti pojedinih radova u pogrešno registriranim svescima). Stoga su vrijednosti f.u. za god. 1990. (0,725) i 1994. (0,625) veće od realnih, dok je vrijednost za god. 1993. (0,413) manja od stvarne vrijednosti f.u. Međutim, da li se SCI vrijednosti razlikuju od stvarnih za oko 10%, 20% ili više trebalo bi utvrditi analizom citata svih radova u razdoblju 1989.-1995. tj. odrediti koji dio citata se odnosi na pri-

bližno 25% radova (ovisno o broju radova po svesku) spornih godina a koji su pogrešno registrirani sa slijedećom godinom. Ovakva bi analiza ujedno pokazala koji se udio citata može utvrditi na temelju prezimena i inicijala prvog autora (kao i ostale četiri identifikacijske odrednice) u odnosu na citate koji su identificirani samo na temelju imena časopisa i godine objavljivanja (pri čemu su prezime autora, inicijal autora, volumen časopisa i prva stranica rada potpuno nevažni).

Najveći broj radova (područja kemija i biologija; oko 11%) objavljen je u dva nacionalna časopisa, pri čemu je ujedno njihov broj citata veći od očekivanog za navedene časopise (omjer $c_{12}/f.u.chas.$). Radovi s adresom IRB objavljeni u časopisima *Nucl. Instr. Meth. B* i *Theochem* također imaju veći broj citata od očekivanog, dok je u ostalim časopisima njihov broj manji od očekivanog. Relativni položaj časopisa unutar područja kreće se od 7% do oko 230%, a omjer stvarnih i očekivanih citata (od oko 51% do 141%) nije koreliran kako s apsolutnim, tako ni s relativnim f.u. časopisa.

4. Scientometrijska analiza citiranosti radova

Utjecaj f.u. časopisa i f.u. znanstvenih područja na citiranost radova prikazan je u Tablici 5.

Citiranost radova se u pravilu povećava s f.u. časopisa a također i s f.u. područja, pri čemu veći doprinos imaju f.u. časopisa, koji se kreću od oko 0,0 do 30-40 dok se f.u. područja kreću približno od oko 0,3 do 3,5. Ovakvo ponašanje slijede i radovi s adresom IRB s izuzetkom radova u časopisima s relativno velikim f.u. (većim od 5), odnosno grupe područja s prosječnim f.u. između 1,5 i 2,0 u kojoj se nalaze dva područja koja imaju najmanji relativni omjer f.u. u odnosu na SCI (biologija i farmakologija). Činjenica da radovi objavljeni u tzv. "vrlo kvalitetnim" časopisima, odnosno časopisima s velikim f.u., nisu postigli očekivani broj citata u dvije godine po objavljivanju također se uočava i u pregledu najcitiranijih radova, koji su prikazani u Tablici 6 (najcitiraniji rad prema SCI podacima u razdoblju 1945-1988. je metodološki članak O.H. Lowryja i suradnika (1951.) iz područja biokemije; on je citiran 187652 puta, odnosno oko 5000 puta godišnje⁸).

Tablica 5. Broj citata po radu u ovisnosti o faktoru utjecaja časopisa i znanstvenog područja.

Faktor utjecaja časopisa	Broj radova	Broj citata	Citati/rad	Faktor utjecaja područja	Broj radova	Broj citata	Citati/rad
0.000-0.999	1647	6187	3.75	0.000-0.499	53	125	2.36
1.000-1.999	1643	10695	6.51	0.500-0.999	908	4950	5.45
2.000-2.999	689	6330	9.19	1.000-1.249	471	3115	6.61
3.000-3.999	223	2499	11.21	1.250-1.499	1470	11255	7.66
4.000-4.999	88	1921	21.83	1.500-1.999	498	1539	3.09 ¹
5.000-9.999	50	859	17.18	2.000-2.499	704	5598	7.95
10.000>	18	256	14.22	2.500>	254	2165	8.52
Ukupno:	4358	28747	6.6	Ukupno:	4358	28747	6.6

¹Grupa znanstvenih područja s faktorom utjecaja između 1.500 i 999 sadržava pretežno područja 44% farmakologija, farmacija 18%, te primijenjena fizika 15%. Na temelju broja radova objavljenih u časopisu Per Bio 39% s prosječnim brojem citata po radu.

Tablica 6. Scientometrijski pokazatelji najcitiranijih radova koji su u SCI registrirani s adresom Instituta "Ruđer Bošković".

prvi autor	časopis	vol.	str.	god.	broj koaut.	broj citata			udio neov. citata/%	faktor utjecaja časop. ²	C ₁₂ ³	R _{cas} ⁴	C ₀₄ ⁵	C ₀₄ /C ₁₂
						ukup.	neov.	rel.n. ¹						
GUTMAN I ⁶	J AM CHEM S	99	1692	77	3	311	224	164.8	72.0	5.223	26	2.5	85	3.3
HOWELL JO ⁷	J AM CHEM S	106	3968	84	6	164	100	73.6	61.0	4.377	21	2.4	61	2.9
BONCHEV D ⁸	J CHEM PHYS	67	4517	77	2	156	100	71.2	64.1	2.926	7	1.2	28	4.0
DAVIS WC ⁹	VET IMMUNOL	15	337	87	7	150	105	33.4	69.5	1.036	26	12.5	66	2.5
BERKOWITZ J ¹⁰	J CHEM PHYS	86	1235	87	4	150	130	92.6	86.7	3.426	45	6.6	93	2.1
SABLJIĆ A ¹¹	ACT PHARM J	31	189	81	2	126	77	50.9	61.1	0.417	12	14.4	24	2.0
RUŽIĆ I ¹²	ANALYT CHIM	140	99	82	1	121	118	100.7	97.5	1.453	15	5.1	27	1.8
BAMBERGE A ¹³	PHYS LETT B	184	271	87	59	115	89	36.8	77.4	3.290	66	10.0	96	1.4
STROBELE H ¹⁴	Z PHYS C	38	89	88	63	110	99	64.5	90.0	2.134	39	9.1	78	2.0
UNGAR G ¹⁵	J PHYS CHEM	87	689	83	1	100	89	63.3	89.0	3.077	18	2.9	32	1.8

¹Relativni broj citata = omjer broja neovisnih citata i srednjeg faktora utjecaja područja kojemu pripada časopis u kojemu je rad objavljen (prosjeak područja je izračunat prema podacima za god. 1989.).

²Srednja vrijednost faktora utjecaja časopisa u prvoj i drugoj godini po objavljivanju rada (f.u. za časopis *Acta Pharm. J.* odnosi se na god. 1983.; god. 1982. časopis nema vrijednost f.u. u SCI).

³C₁₂ = broj citata u slijedeće dvije godine po objavljivanju rada.

⁴R_{cas} = relativni faktor utjecaja rada s obzirom na časopis = C₁₂/(2.f.u. čas.); omjer stvarnog i očekivanog broja citata.

⁵C₀₄ = broj citata u pet godina po objavljivanju rada (uključujući i "nulti" godinu, tj. godinu u kojoj je rad objavljen).

⁶I. Gutman, M. Milun, N. Trinajstić: *Graph Theory and Molecular Orbitals*. 19. Nonparametric Resonance Energies of Arbitrary Conjugated Systems (u SCI je pogrešno registriran kao pregledni rad - "Review").

⁷J.O. Howell, J.M. Goncalves, C. Amatore, L. Klasinc, R.M. Wightman, J.K. Kochi: *Electron Transfer from Aromatic Hydrocarbons and Their p-Complexes with Metals. Comparison of the Standard Oxidation Potentials and Vertical Ionization Potentials*.

⁸D. Bonchev, N. Trinajstić: *Information theory, distance matrix, and molecular branching*.

⁹W.C. Davis, S. Marusic, H.A. Lewin, G.A. Splitter, L.E. Perryman, T.C. McGuire, J.R. Gorham: *The development and analysis of species specific and cross reactive monoclonal antibodies to leukocyte differentiation antigens and antigens of the major histocompatibility complex for use in the study of the immune system in cattle and other species* (u SCI je pogrešno registriran kao pregledni rad - "Review").

¹⁰J. Berkowitz, J.P. Greene, H. Cho, B. Ružić: *Photoionization mass spectrometric studies of SiH_n (n=1-4)*.

¹¹A. Sabljic, N. Trinajstić: *Quantitative structure-activity relationships: the role of topological indices*.

¹²I. Ružić: *Theoretical aspects of the direct titration of natural waters and its information yield for trace metal speciation*.

¹³A. Bamberger, ..., D. Ferenc, ..., K. Kadija, ..., G. Paic, ..., D. Vranic, ...: *Multiplicity And Transverse Energy Flux In ¹⁶O+Pb At 200 GeV per Nucleon*.

¹⁴H. Ströbele, ..., D. Ferenc, ..., K. Kadija, ..., G. Paic, ..., D. Vranic, ...: *Negative particle production in nuclear collisions at 60 and 200 GeV/Nucleon*.

¹⁵G. Ungar: *Structure of Rotator Phases in n-Alkanes*.

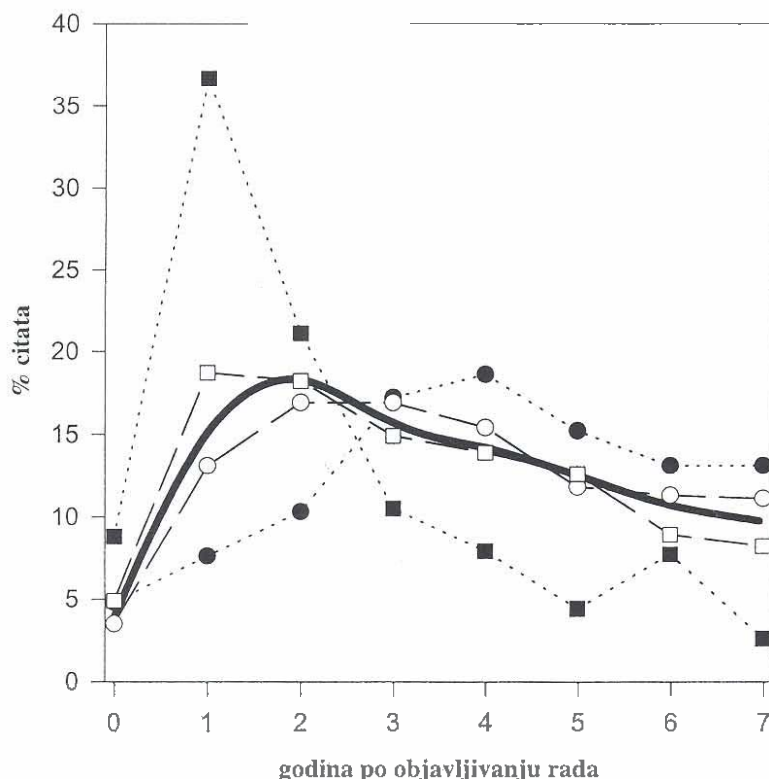
Radovi koji su u navedenom razdoblju citirani u SCI više od 100 puta pripadaju različitim područjima, a publicirani su u časopisima s f.u. od 0.4 do približno 5 (f.u. časopisa *J. Am. Chem. Soc.* oscilira oko 4,6). Međutim, svi radovi ne pripadaju nužno i području kojemu se časopis prema SCI klasifikaciji nalazi, na što ukazuje analiza njihovih citata. Tako je npr. najcitiraniji rad citiran najviše u području opće kemije (oko 53%), zatim fizičke kemije (oko 20%) - području kojemu po tematici i pripada, organske kemije (oko 13%) itd; rad objavljen u časopisu iz područja farmakologije (*Act Pharm Jug.*) najviše je citiran u časopisima iz područja opće kemije (34%) i znanosti o okolišu (13%). Niz scientometrijskih pokazatelja u Tablici 6 te prikaz dinamike citiranja za dva najproduktivnija područja i najcitiranija rada u tim područjima (Slika 2) ukazuje na kompleksnost scientometrijske analize na razini pojedinog rada.

žu u prvoj godini te su u kasnijim razdobljima manje citirani od prosjeka. S druge strane prosječan rad iz područja opće kemije (a također i fizičke kemije) najveći udio citata postiže u trećoj godini te u kasnijim razdobljima ima veći udio citata od prosjeka IRB. Svaki od 10 najcitiranijih radova pokazuje kretanje koje znatno odstupa od prosjeka pripadajuće znanstvene grane (najcitiraniji je rad i nakon 10 godina po objavljivanju citiran godišnje od 12 do 20 puta). Pokazatelj dinamike citiranja je omjer broja citata u petogodišnjem i dvogodišnjem razdoblju (Tablica 6; c_{04}/c_{12}), koji je specifičan za svaki pojedini rad te se za najcitiranije radove kreće od 40% do 300% većeg broja citata u petogodišnjem u odnosu na dvogodišnje razdoblje. Drugim riječima, neki radovi koji su prema usporedbi s f.u. časopisa postigli prosječni ili neznatno veći broj citata od očekivanog mogu u duljem vremenskom razdoblju biti znatno više citirani

automatski zaključiti o kvaliteti članka odnosno, indirektno, o pokazateljima kvalitete njegovih (ko)autora (unutar istog časopisa procijenjeno je da je polovica više citiranih članaka citirana 10 puta više od polovice manje citiranih članaka)⁹.

Analiza citata u duljem vremenskom razdoblju onemogućena je prvenstveno nedostatkom odgovarajućih npr. petogodišnjih faktora utjecaja s kojim bi se podaci mogli usporediti. Ovakva bi analiza zasigurno bila preciznija te bi dopunjavala podatke dobivene na temelju faktora utjecaja i tzv. faktora neposrednosti (*immediacy factor*), koji odražava brzinu širenja informacija, tj. citiranost radova u kalendarskoj godini publiciranja. Prilikom usporedbe broja stvarnih i očekivanih citata s obzirom na f.u. časopisa treba ukazati i na problem koji proizlazi iz činjenice da f.u. časopisa u pravilu kontinuirano rastu od 0,000 do 2,000, dok su citati "kvantizirani", odnosno pojedini rad može imati samo 1, 2 ili više citata. Rad objavljen npr. u časopisu s f.u. 0.500 koji postigne 1 citat u dvije godine po objavljivanju (c_{12}) može se smatrati prosječnim. Međutim, rad objavljen u bilo kojem od nekoliko stotina časopisa čiji je f.u. ispod 0,100 s jednim citatom u slijedeće dvije godine postiže 5 puta (400%) veći broj citata od očekivanog, pri čemu se ovakvim pristupom stvaraju neproporcionalne razlike među pokazateljima kvalitete na razini rada.

U analizi na razini pojedinog rada ili istraživača primarni je pokazatelj broj neovisnih citata, koji je za najcitiranije članke prikazan u Tablici 6. Ovaj pokazatelj od temeljne važnosti nije direktno iskazan, već do njega treba doći analizom svih autora u svakom pojedinom citatu, te isključivanjem identičnosti bilo kojeg od (ko)autora u citiranom i citirajućem radu (uz uvjet da autori nisu pri tome mijenjali svoja identifikacijska obilježja - prezime i inicijale). Među najcitiranijim radovima udio se neovisnih citata (koji su imali utjecaj na druge istraživače - bilo pozitivan ili negativan) kreće od 61% do 97,5%. U pravilu udio neovisnih citata raste s njihovim brojem, te radovi s više od tisuću citata imaju preko 90% neovisnih citata (ovisno o produktivnosti i samocitiranosti (ko)autora). Radovi s malim brojem citata najčešće imaju samocitate ili pak citate iz preglednih članaka od kojih mnogi sistematiziraju (manje ili više selektivno) svjetsku produkciju u pojedinim područjima i užim disciplinama. Dakako, za svaki rad treba pojedinačno utvrditi broj neovisnih citata.



Slika 2.: Dinamika citiranja u osmogodišnjem razdoblju: svi članci s adresom IRB (puna linija), članci iz područja opće kemije (O), najcitiraniji rad iz područja opće kemije (●), članci iz područja nuklearne fizike (□), najcitiraniji rad iz područja nuklearne fizike (■).

Jedan od temeljnih problema je utvrđivanje dinamike citiranja. Prosjek najvećeg udjela citata unutar 8 godina (najmlađi rad u Tablici 6 objavljen je god. 1988.) za sve radove je približno u drugoj godini. Međutim, pojedini radovi u nekim područjima, kao npr. nuklearnoj fizici najveći udio citata posti-

od onih radova koji u vremenskom razdoblju kojeg definira f.u. časopisa postignu 10 i više puta veći broj citata od očekivanog. Činjenica da brzine citiranja određuju f.u. časopisa, a ne obrnuto, jedan je od glavnih razloga zbog čega se samim činom publiciranja na temelju f.u. časopisa ne može

5. Scientometrijski pokazatelji istraživača

U promatranom razdoblju na IRB je bio zaposlen 881 istraživač, u različitim vremenskim razdobljima (od nekoliko mjeseci do 21 godine). Raspodjela istraživača prema broju radova i broju citata prikazana je u Tablici 7.

Među 297 istraživača koje nisu objavili niti jednu SCI registriranu jedinicu nalazi se 131 osoba (44%) koja je bila zaposlena manje od 2 godine, te se za ove istraživače, koji su pretežito bili zaposleni kao asistenti-postdiplomandi, ne može očekivati prosječna produktivnost, tj. jedan objavljeni rad. Scientometrijski pokazatelji najproduktivnijih i najcitiranijih autora prikazani su u Tablicama 8 i 9.

Scientometrijska analiza je najuspješnija prilikom uspoređivanja velikog broja jedinica istih parametara (država, institucija, područja, časopisa) gdje veličina uzorka omogućuje zadovoljavajuću statističku obradu. Analiza znanstvenika sadrži u sebi sve probleme opisane uz analizu časopisa i pojedinih radova, te s obzirom da je riječ o istraživačima različitim profilima koji publiciraju u različitim područjima potrebno je utvrditi niz korelacijskih faktora koji će normalizirati veći broj scientometrijskih parametara.

U svjetskoj literaturi ne postoji standardni model pomoću kojeg bi se precizno mogla uspoređivati brojčano iskaziva znanstvena produktivnost i citiranost pojedinaca. Mišljenja o tome su, dakako, oprečna, te se kreću od pretpostavke da se više ne može naivno pretpostavljati da autori citiraju samo vrijedna djela u pozitivnom smislu do tvrdnje da je analiza citata objektivna mjera kvalitete. Ova se posljednja tvrdnja temelji na pretpostavci da su autori citiranjem svojih utjecaja prvenstveno motivirani zaslužnosti izvornih članaka. Međutim, detaljnim praćenjem razvoja nekih znanstvenih ideja utvrđeno je da se svega 37% citata odnosi na ispravni izvor, oko 22% citata na sekundarni izvor (pregledni članak u kojemu je izvorni rad citiran), dok 41% radova uopće ne citira izvornu ideju. Također je ukazano da je citiranjem preglednih radova više od trećine zasluga (citata) "oduzeto" izvornim autorima te pripisano nekim drugima koji, prema mišljenju autora, s tim nemaju nikakve veze⁹. No, treba upozoriti da su autori preglednih radova u pravilu vršni stručnjaci pojedinih područja te da se u pregledima često nalazi i izvjesni broj njihovih originalnih rezultata, sinteza i kritičkih pristupa koji nisu publicirani na drugom mjestu, te stoga imaju i određeni udio izvornog znanstvenog do-

Tablica 7. Raspodjela istraživača prema broju SCI jedinica registriranih s adresom IRB i njihovih citata (1975.-1995.).

Broj SCI jedinica	Broj istraživača ¹	Udio/ %	Broj citata	Broj istraživača ²	Udio/ %
0	297	33.7	0	58	9.9
1-4	213	24.2	1-4	74	12.7
5-10	128	14.5	5-10	59	10.1
11-15	73	8.3	11-20	67	11.5
16-20	43	4.9	21-30	47	8.0
21-25	40	4.5	31-40	35	6.0
26-30	25	2.8	41-50	25	4.3
31-35	15	1.7	51-75	42	7.2
36-40	11	1.2	76-100	44	7.5
41-50	13	1.5	101-150	43	7.4
51-60	6	0.7	151-200	26	4.5
61-70	4	0.5	201-300	28	4.8
71-80	4	0.5	301-500	19	3.3
81-100	5	0.6	501-700	9	1.5
≥101	4	0.5	≥701	8	1.4
Ukupno:	881	100	Ukupno:	584	100

¹Prema podacima iz godišnjih izvještaja IRB (usp. Tablica 1).

²U obzir su uzeti samo istraživači koji su objavili najmanje jednu SCI jedinicu

pinosa što, dakako, treba utvrditi za svaki pojedini pregled.

Između dva ekstremna slučaja: isključivo subjektivne ocjene (u kojoj najveću prednost a ujedno i najveću opasnost predstavlja ljudski faktor) i objektivne ocjene na temelju scientometrijskih pokazatelja (u kojoj su najveći nedostaci utvrđivanje stvarnog doprinosa pojedinih koautora te vrlo složeni postupci određivanja značaja citata i norma iz ranija pojedinih pokazatelja), u sadašnjem je trenutku vjerojatno najbolji način ocjenjivanja (vrednovanja) znanstvenog rada isključivo objektivna ocjena znanstvenika iz istog područja (koju je u malim sredinama vrlo teško postići) potpomognuta scientometrijskim pokazateljima. Npr. natječaj za redovne profesore talijanskih sveučilišta rezultirao je izborom kandidata čiji su scientometrijski pokazatelji bili među najniže rangiranim, no izabrani profesori bili su suradnici članova komisije. Nakon izbora predsjednik komisije optužen je zbog zlouporabe autoriteta, a neka su talijanska sveučilišta uvela tzv. prag "faktora utjecaja" neophodan u procesu izbora, kako bi se izbjegle zlouporabe i sačuvala dostojna moralna razina znanstvenog života¹¹ (u ovom slučaju je riječ o kandida-

tima sličnog znanstvenog profila pri čemu su isključeni brojni problemi vezani uz normalizaciju različitih znanstvenih disciplina).

Broj publikacija i citata prikazan u Tablicama 8 i 9 ukazuje na pojavnost autora u SCI izvorima. Uz ove podatke izneseni su i udjeli autorstva i citata izračunati na dva načina, te je također prikazan i prosječni broj koautora, f.u. časopisa i odgovarajućih područja. Međutim, prikazani broj citata i radova imaju sasvim drugačije vrijednosti u različitim sustavima usporedbe. No, da bi se takva analiza mogla načiniti potrebno je odrediti niz dodatnih parametara, koji nisu obuhvaćeni ovom analizom a za čije je utvrđivanje potrebno dosta vremena. Neke od njih moguće je utvrditi samo na lokalnoj razini, pri čemu se podaci ne mogu direktno usporediti s pokazateljima SCI. Među najznačajnijim parametrima prilikom usporedbe istraživača nalaze se:

(1) Broj neovisnih citata svakog pojedinog rada prikazuje stvarno mjerilo utjecaja, te se kod prosječnih istraživača može kretati u rasponu od 10% do 90% ukupnog broja citata. Naime, autori citiraju po vlastitom nahođenju i običajima te se broj poziva na vlastite pret-

Tablica 8. Scientometrijski pokazatelji najproduktivnijih autora čiji su radovi u SCI registrirani s adresom IRB (1975.-1995.).

Autor	Broj SCI jedinica			Prosje. broj koautora	Prosje. f.u. časopisa	Prosje. f.u. područja
	ukup.	udio ¹	udio ²			
Trinajstić N.	237	81.9	193.0	3.27	1.22	1.43
Branica M.	116	43.3	100.8	2.99	1.52	1.05
Klasinc L.	113	32.4	69.9	4.05	1.42	1.44
Maksić Z.B.	108	40.9	93.0	3.02	1.25	1.47
Pavelić K.	99	31.0	60.3	4.38	1.88	2.25
Kojić-Prodić B.	97	27.3	63.6	4.16	1.27	1.17
Kurelec B.	97	28.7	47.5	4.75	2.40	2.15
Boranić M.	85	28.6	56.5	4.04	1.23	2.07
Valković V. ³	82	25.0	50.0	4.77	1.00	1.09
Musić S.	74	26.6	60.2	3.26	0.73	1.03

¹Računato prema relaciji $1/(\text{broj koautora})$ na razini rada.

²Računato prema "Pravilniku o mjerilima vrednovanja časopisa" Ministarstva znanosti i tehnologije (ref. 10) na razini rada.

³Zaposlen u IRB do god. 1994.

Tablica 9. Scientometrijski pokazatelji najcitiranijih autora čiji su radovi u SCI registrirani s adresom IRB (1975-1995).

Autor	Broj citata			Prosje. broj koautora	Prosje. f.u. časopisa	Prosje. f.u. područja
	ukup.	udio ¹	udio ²			
Trinajstić N.	3133	1127.0	2654.0	3.27	1.22	1.43
Kurelec B.	1399	359.7	566.7	4.75	2.40	2.15
Gutman I. ³	1174	514.8	1135.0	2.17	1.60	1.67
Klasinc L.	1098	320.0	669.3	4.05	1.42	1.44
Branica M.	968	326.5	756.6	2.99	1.52	1.05
Maksić Z.B.	883	374.8	795.6	3.02	1.25	1.47
Pačić G. ⁴	879	58.3	106.1	28.24	1.70	1.23
Sabljić A.	765	466.0	661.6	3.07	1.20	1.38
Vranić D.	687	13.4	14.8	58.79	2.35	1.39
Kadija K. ⁵	664	28.4	51.0	39.23	1.93	1.72

¹Računato prema relaciji $1/(\text{broj koautora})$ na razini rada.

²Računato prema "Pravilniku o mjerilima vrednovanja časopisa ..." Ministarstva znanosti i tehnologije (ref. 10) na razini rada.

³Zaposlen u IRB do god. 1977.

⁴Zaposlen u IRB do god. 1994.

⁵Zaposlen u IRB od god. 1980. do god. 1994.

hodne radove (samocitati) kreće od 1 do 4 i više po radu čime se npr. u desetak radova među pojedinim autorima stvara razlika oko četrdesetak citata koji, dakako, nisu pokazatelji direktnog utjecaja. Za detaljniju analizu trebalo bi utvrditi i motivaciju citiranja te ustanoviti

da li tzv. negativni citati imaju svoje opravdanje, tj. da li su rezultati ili ključni citirajućeg rada u drugim citatima opovrgnuti, odnosno rezultati isprva negativno citiranog rada potvrđeni.

(2) Utvrđivanje udjela autorstva pokazuje u Tablicama 8 i 9 znatni utjecaj

pri utvrđivanju produktivnosti u ovisnosti o odabranom modelu. Bez obzira na tip funkcije (također je moguće primijeniti i druge funkcije³ ili pak relaciju $1/(n^{1/2})$), ovakvim se pristupom znatno umanjuju doprinosi npr. eksperimentalnih nuklearnih fizičara, fizičara čestica i polja te ostalih istraživača čija priroda posla zahtijeva dugotrajni timski rad. Npr. istraživač koji prosječno publicira te u radnom vijeku objavi npr. 20 radova s 20 koautora, prema modelu uvrđivanja udjela autorstva¹⁰ autor je svega jednog rada.

(3) Utvrđivanje cjelokupnog opusa autora je temeljno polazište pri utvrđivanju produktivnosti. Pri tome je moguće uzeti u obzir samo one jedinice koje su u *Source indexu* registrirane, članci samo određenog tipa. Ili pak svi objavljeni članci, knjige i sl. Naime, na limitiranost ISI baza podataka ukazuju primjeri da je na jednom (nizozemskom) sveučilištu 90% publikacija iz područja kemije registrirano u SCI, dok je iz područja biologije registrirano svega 30% (u području društvenih i humanističkih znanosti "ne-engleski" jezik je glavna prepreka: ISI npr. procesira svega 4 njemačka časopisa iz društvenih znanosti, dok njemačka baza podataka sadrži 542 časopisa).⁹ Broj SCI registriranih publikacija prikazan u Tablici 8 samo je dio cjelokupnog stvaralačkog opusa pojedinih autora, dijelom zbog limitiranosti vremenskog razdoblja a dijelom zbog različitih adresa pod kojima su autori objavljivali radove.

(4) Udio autorstva u pojedinim područjima potrebno je poznavati kako bi se podaci dobiveni utvrđivanjem udjela autorstva na razini rada mogli normalizirati s obzirom na prosječni broj koautora u pojedinim područjima. Temeljni problemi pri utvrđivanju ovog pokazatelja su prekrivanja znanstvenih područja (dio članaka i nije objavljen u odgovarajućim područjima) te nedostatak podataka na svjetskoj razini. Stoga se mogu uspoređivati samo autori različitog profila unutar iste sredine, a ne i autori istog profila u različitim sredinama (prosječni broj npr. koautora sovjetskih/ruskih radova veći je od broja koautora američkih radova unutar istog znanstvenog područja). Zbog navedenih primjera iz područja nuklearne fizike neke je znanstvene discipline potrebno promatrati na razini teorijskih i eksperimentalnih istraživača.

(5) Relativna produktivnost unutar znanstvenih područja omogućuje normalizaciju produktivnosti različitih disciplina, te utvrđivanje položaja produktivnosti autora s obzirom na prosječnu produktivnost znanstvenog/znanstvenih područja u kojemu/kojima istra-

živač publicira. Znanstveno bi područje trebalo utvrditi prema sadržaju rada, a ne na formalizmu SCI klasifikacije, te re-sistematizirati radove iz "općih" i multi-disciplinarnih područja, pri čemu treba primijeniti odgovarajući model pomoću kojeg će se za interdisciplinane radove utvrditi udio pripadnosti pojedinim područjima. Kao i u prethodnom slučaju, ne postoje podaci o broju znanstvenika pojedinih profila u svijetu, te je ove pokazatelje moguće utvrditi samo na lokalnoj razini, razlikujući pri tome eksperimentalne od teorijskih istraživača.

(6) Način utvrđivanja pojedinih pokazatelja jedan je od najvažnijih metodoloških problema o čijem će izboru znatno ovisiti rezultati svake analize. Naime, treba odrediti koje pokazatelje je potrebno promatrati na razini pojedinog rada (osnovne scientometrijske jedinice), a koje kao prosječne vrijednosti cijelog skupa, jer način njihovog određivanja uz primjenu različitih modela rezultira razlikama relativno većim od razlika među stotinama prosječnih istraživača.

Navedeni problemi ukazuju na složenost scientometrijske analize koja, dakako, nije puko brojanje radova i citata, već sadrži niz multidisciplinarnih pristupa (socioloških, kulturoloških, gospodarstvenih, etičkih) koji analiziraju znanost od svjetske produkcije do položaja pojedinaca na razini područja, država i sl. Scientometrijski pokazatelji imaju najveću vrijednost prilikom usporedbe istovrsnih podataka velikih skupova (država i srodnih institucija). Međutim, na razini pojedinih istraživača u cjelovitom, svjetskoj literaturi ne postoji očito prihvaćen model kojim pojedinačne sve relevantne pokazatelje u formulu kojom bi se mogao utvrditi položaj pojedinog istraživača u svjetskoj znanosti.

Popis 100 najcitiranijih autora u svijetu čiji su radovi publicirani i citirani u razdoblju 1981.-1990. (broj citata od 36789 do 7571; broj radova od 1468 do 21) sadrži 97 znanstvenika iz biomedicinskih znanosti (molekularna biologija, genetika, biokemija, imunologija, neuroznanosti itd.), 2 fizičara i jednog kemičara (citiranog samo 7833 puta), među kojima je i 8 dobitnika Nobelove nagrade¹². Citiranost autora, koja se pokazala kao dobar indikator prilikom predviđanja budućih dobitnika ove, za mnoge autore prestižne nagrade, prvenstveno je posljedica znanstvenog područja u kojem djeluju. Međutim, po subjektivnoj procjeni komisije nagrade se ponekad dodjeljuju i istraživačima iz manjih znanstvenih područja (npr. astronomije), koji se također nalaze među najcitiranijim autorima

tog područja iako njihov broj citata nije sumjerljiv broju citata istraživača iz područja biomedicinskih znanosti. U tom se smislu broj citata i publikacija po znanstvenim područjima na svjetskoj razini može korelirati i s određenim društvenim priznanjima (Nobelova nagrada, članstvo u nekoliko prestižnih akademija). No, kada je riječ o usporedbi stotina prosječnih istraživača iz različitih disciplina, čiji se normirani pokazatelji međusobno razlikuju u drugoj ili trećoj decimali, scientometrijskom analizom dobiveni rezultati ponajviše ovise o odabiru metodoloških pristupa, počevši od utvrđivanja udjela autorstva, uporabe normalizacijskih koeficijenata znanstvenih područja itd.

5. Zaključak

Usporedbom ekvivalentnih faktora utjecaja IRB s odgovarajućim faktorima utjecaja SCI na razini znanstvenih područja, te uzimajući u obzir da je prilikom pretraživanja citata pojedinih radova identificirano vjerojatno samo oko 80% citata može se zaključiti da se apsolutna srednja vrijednost faktora utjecaja IRB od oko 1,075 realno može korelirati s preko 90-95% vrijednosti prosječnog faktora utjecaja SCI. Prikazani su scientometrijski pokazatelji na razini znanstvenih područja, časopisa, radova i istraživača, te su pokazatelji područja uspoređeni s istovrsnim pokazateljima SCI. Na razini rada i pojedinih istraživača ukazano je na niz metodoloških problema koji onemogućuju preciznu analizu zbog nedostatka pojedinih parametara i odgovarajućih modela.

Scientometrijski pokazatelji IRB mogu se usporediti s nedavno objavljenim člankom o znanstvenom bogatstvu nacija¹³, koji analizira razdoblje 1981.-1994., tj. oko 8,4 milijuna radova i 72 milijuna citata. Prema pokazatelju relativnog utjecaja citata ($RCI = \text{udio citata} / \text{udio radova}$) najutjecajnija država su SAD, koja u svjetskoj produkciji sudjeluje s 34,6% a u citiranosti s 49,0% ($RCI = 1,42$). Direktno iskazanu produktivnost naše države moguće je pratiti tek od SCI god. 1993. (koja za većinu časopisa počinje sa studenim/prosincom prethodne godine), kada je SCI uvrstio u popis država i Hrvatsku. Iako za sada ne postoje podaci pomoću kojih bi bilo moguće utvrditi položaj cjelokupne hrvatske znanosti, ova analiza omogućuje određivanje položaja Instituta "Ruđer Bošković", koji je u istom razdoblju publicirao 3083 rada citiranih najmanje 16588 puta (prosječno 1184 citata godišnje). Prema tim podacima IRB sudjeluje u svjetskoj produkciji s oko 0,037% i udjelom u ukupnim citatima od 0,023%

što rezultira s $RCI = 0,62$ (Njemačka se nalazi na 15. mjestu s $RCI = 0,86$, a Italija na 19. mjestu s $RCI = 0,75$).

Financiranje znanosti također je bitan čimbenik. Razvijene zemlje (tzv. G7) odvajaju na istraživanje i razvoj (R&D) oko 2,2% do 2,9% bruto nacionalnog dohotka (GDP; Kanada i Italija 1,6%, odnosno 1,2%, pri čemu je riječ o tisućama milijardi USD godišnje). Hrvatska je god. 1994. i 1995. izdvajala prosječno 0,85% GDP koji iznosi približno 14 milijardi USD¹⁴. Među tzv. G7 državama Velika Britanija postigla je oko 98, SAD oko 83, Njemačka i Francuska oko 22 a Italija oko 14 citata na milijun uloženi USD (podaci za god. 1991). Uz pretpostavku da su sredstva uložena u R&D Instituta "Ruđer Bošković" u razdoblju 1981-1994. iznosila prosječno 12 milijuna USD godišnje proizlazi da IRB postiže oko 98 citata na milijun USD, što je sumjerljivo s ukupnom znanstvenom produkcijom prvorangirane države - Velike Britanije.

Iako je riječ samo o približnim procjenama uvjetovanim brojnim oscilacijama u kretanju GDP, tečaju domaćih valuta i financiranju znanosti u razdoblju 1981.-1994., izuzetno visoko rangiranje IRB prema ovim pokazateljima zasigurno je posljedica vrlo kvalitetne znanstvene tradicije (gotovo pola stoljeća) kao i visokih kriterija za napredovanja u znanstvenim zvanjima (IRB je jedina domaća znanstvena institucija koja primjenjuje međunarodne recenzije prilikom izbora u viša znanstvena zvanja). U tom se smislu od istraživača IRB zahtijeva vrlo visoka razina znanstvene kvalitete koja se očituje u scientometrijskim pokazateljima produktivnosti i citiranosti unatoč znatno manjim financijskim sredstvima u odnosu na razvijene svjetske države.

LITERATURA:

1. U radu su korištene sljedeće publikacije: *Corporate Index, Source Index, Citation Index, Journal Citation Report* (Institute of Scientific Information, Philadelphia, USA), u razdoblju od god. 1975. do 1995.
2. Godišnji izvještaji IRB 1975.-1995., Zagreb, 1976.-1996.
3. M. Andreis, *Rugjer*, 2(7) (1997) 3.
4. B. Klaić, *Rugjer*, 1(5) (1996) 3.
5. E. Garfield, *Current Contents*, (41) (1990) 5.
6. A. Schubert, W. Glänzel and T. Braun, *Scientometrics*, 16 (1989) 3.
7. M.H. MacRoberts and B.R. MacRoberts, *Scientometrics*, 36 (1996) 435.
8. E. Garfield, *Current Contents*, (7) (1990) 3.
9. P.O. Seglen, *Brit. Med. J.*, 314 (1997) 198.
10. Narodne Novine, (2) (1997) 86.
11. L. Calza and S. Garbisa, *Nature*, 374 (1995) 492.
12. E. Garfield, *Current Contents*, (35) (1992) 4.
13. R.M. May, *Science*, 275 (1997) 793.
14. Nacionalno znanstveno vijeće, Nacionalni znanstvenoistraživački program za razdoblje 1996.-1998. godine, Tablica 3.

Znanstvene "babe i žabe"

Zdravko Štević

Odazivam se na poziv Uredništva za raspravu o ocjenjivanju znanstvenog rada, a povodom članka Branka Klaića (1996.) "Pokušaj vrjednovanja u znanosti u nas". Budući da je članak vrlo izazovan ne samo po tematici (što nije novo) nego i zbog toga što prvi javno iznosi rang-listu naših najuspješnijih znanstvenika zaslužuje odgovarajuću pozornost i osvrt. Rang-lista s imenima danas je uistinu "škakljiva" tema, ali je došlo i vrijeme, kako kaže Urednik u *postscriptumu* članka, "da se konačno i u nas točnije odredi tko je tko i koliko vrijedi u znanosti" (str. 11). U svijetu se mnogo radi na ocjenjivanju u znanosti o čemu svjedoči i časopis "Scientometrics" kao i drugi u kojima ima mnogo članaka s različitim pristupima toj problematici. Budući da je Klaić odabrao jedan način analize uspješnosti znanstvenika i došao do zanimljivih zaključaka red je da ga podržimo u onome gdje je imao pravo te da mu osporimo ono što smatramo da nije u redu. Vrijeme (i ljudi) će pokazati tko je imao pravo. No, "redom se ježi ježe", reći će naš narod, pa stoga pođimo od početka.

O javnom ocjenjivanju pojedinaca u znanosti postoje dva oprečna stajališta, jedno od njih navodi i Glavni urednik u "Riječi urednika" (str. 2). Jasno, ono nekima ne odgovara i stoga ga odbacuju *en bloc & en détail*. Drugi kojima to odgovara zdušno se za njega zalažu. Osobno se za njega zalažem, ali sam svjestan svih poteškoća mogućnosti ocjenjivanja, jer se može mnogo toga i uporabiti, ali i zlorabiti. Pokušao bih stoga na samom početku rasvijetliti neke osnovne pojmove i ukazati na poteškoće.

Prva poteškoća u scijentologiji (znanosti o znanosti) je u nemogućnosti da se definiraju osnovni pojmovi kao što su vrijednost, kvaliteta i kvantiteta. Ako nisu definirani osnovni pojmovi uvijek može doći do nesporazuma. Tako na primjer u praksi gotovo se redovito zamjenjuju kvaliteta i vrijednost, a oni nisu istovjetni, a znanosti su potrebni jednoznačni pojmovi. Nas ovdje zanima prvenstveno vrijednost,

a kvalitetu prepustimo za sada urednicima časopisa i recenzentima rukopisa. Da bismo nešto pravilno definirali potrebno je poći od one latinske: *Definitio fit per genus proximum et differentiam specificam*. Ovi spomenuti pojmovi se ne mogu definirati strogo logički zbog toga što ne postoji *genus proximum*, jer su oni sami "*genus maximum*", dakle, najviši mogući pojmovi ili kako se još zovu logičke kategorije, pa su stoga prave definicije nemoguće.

Drugi razlog poteškoća ocjenjivanja je taj što ne postoji mjerna jedinica kojom bi se izrazila vrijednost znanstvene publikacije u svim sredinama i u svim vremenima te bila osnovom objektivne rang-liste vrijednosti znanstvenika. Pretpostavimo da se znanstvena jedinica zove aristotel i da se mogu njome izmjeriti vrijednosti publikacija tako da možemo utvrditi da jedan članak vrijedi 0,235 aristotela, a drugi 0,364 aristotela. Nažalost, to je samo utopija. Znanstvene istine i vrijednosni sudovi o njima vremenom se mijenjaju. Što je bilo vrijedno pred jedno stoljeće pa i desetljeće ne mora biti i danas. Prepušteno nam je da pokušamo tražiti druge načine procjenjivanja vrijednosti znanstvenika preko njihovog znanstvenog djela tj. načine koji bi bili objektivni i pravični

Zbog potpunijeg razumijevanja ove problematike valja još nešto spomenuti. Prvo su se vrjednovanjem u znanosti bavili povjesničari znanosti, ali se u pravilu radilo o već mrtvim znanstvenicima. Suvremenici se bave sociolozi znanosti i informatičari. Ovi potonji nastoje sve objektivizirati i prikazati brojčano, što je hvalevrijedno, ali ipak pri tome ispuštaju iz vida (namjerno ili nenamjerno) i nedostatke samog takvog pristupa. Evo, što se obično previđa, a bit je same znanosti: znanstveno otkriće. Osnovna djelatnost znanstvenika je istraživanje i potom izlaganje (tj. objavljivanje) rezultata istraživanja. Da bi se objavljivalo potrebno je imati što objaviti, treba imati, dakle, izvorne vlastite podatke, drugim riječima, mora se imati nešto novo do tada nepoznato u znanosti tj. znanstvena otkrića. Znanstveno otkriće, ma

koliko bilo genijalno, ako stoji u ladici nekog znanstvenika beznačajno je za napredak znanosti zato što nije pristupačno svima onima koji se bave dotičnom problematikom tj. sustručnjacima (kospecijalistima). Ono kao da nije ni postojalo. Rezultate istraživanja valja pismeno izložiti i objaviti u obliku članka ili knjiga. Ako je otkriće objavljeno i time postalo pristupačno svima zainteresiranima, još ni to nije dovoljno da nekoga smatramo važnim ili značajnim, jer mora postojati potvrda o odozivu na tu publikaciju. Potrebno je da netko od sustručnjaka spomene taj rad jednom ili više puta u svom članku, čime je potvrdio da se je na bilo koji način njime okoristio. Navođenje (citriranje) je potvrda da su rezultati istraživanja ušli u tkivo jedne znanstvene grane. Bolji rad i potencijalno veći broj korisnika osigurava veći broj citata. Htio bih napomenuti da se pravim znanstvenikom postaje ne onda kada netko nešto otkrio pa ni kada je objavio nego tek onda kada je njegovo objavljeno otkriće prvi put citirano. Istina, događa se da ponekad prođe dugo vremena dok autor i njegov rad budu primijećeni, a ako nikada nitko taj rad ne spomene, kao i da nije postojao. Iz toga proizlazi da je znanost trokomponentna, da je ona trojstvo otkrića, publikacija i citata. I što se događa u suvremenoj scijentometriji? Sva pozornost je usmjerena na publikacije i citate, a ono primarno i najpresudnije - znanstveno otkriće izmiče analizi iz razloga što ga nije moguće kvantificirati i prikazati na scijentometrijski način. Ocjenjivanje u znanosti, a bez analize strukture otkrića i njihove važnosti za napredak znanosti, onako kako to rade povjesničari znanosti, vodi u bezizlazje i može samo koristiti nekim koji žele na brzinu skrenuti vodu na svoj mlin.

Kada bi sve oko procjene znanstvenog doprinosa i bilo logički jasno i ostvarivo opet bi postojalo neslaganje, jer javno iznesena istina o tome tko je tko u znanosti svima ne odgovara. U znanosti kao i u životu prisutna je izvjesna ideologija. Ideologija ima više značenja, a jedno od njih je, kako to stoji u Filozofijskom rječniku "svjesno

ili nesvjesno idealiziranje ili prikrivanje vlastitih interesa (klase, grupe, sloja, političke partije, pokreta i dr.) (Kangrga, 1984: 136 - 137). Prikrivanje vlastitih probitaka (na štetu drugih, dabome), isticanje vlastitih prednosti, prikrivanje vlastitih slabosti, isticanje slabosti i prešućivanje dobrih strana drugih, je, dakle, nešto općepoznato u životu i društvu pa zašto bi znanost bila iznimkom? Međutim, kao što postoji prikrivanje interesa postoji i razotkrivanje, tako da istina prije ili kasnije mora doći na vidjelo.

Može li se uopće ocijeniti jedno znanstveno djelo i time njegovog autora? Kada bi bilo posve nemoguće ne bismo se ni trudili o tome raspravljati. To je, doduše, vrlo teško, nezahvalno i nepotpuno, ali u velikoj mjeri ipak moguće i dostatno za potrebe tekuće znanstvene politike. U praksi postoje dva načina procjenjivanja: izravno i neizravno. Izravno je kada se rad pročita, a neizravno kada se ocjenjuje prema pokazateljima i mjerilima kao što su veličina, struktura i broj publikacija, kvaliteta časopisa te broj i kvaliteta citata. Izravno mogu procijeniti samo kompetentni sustručnjaci, a neizravno svatko tko se imalo razumije u scijentometriju. Iz toga slijedi zaključak da se izravno može ocjenjivati samo u svojoj struci, a neizravno u svima. Valja istaći da potpuna analiza znanstvene publikacije uključuje sve tri komponente (otkrića, publikacije i citate). U suprotnom, analiza ne samo da će biti nepotpuna nego i nepoštena.

Stvarajući podlogu za jednu prihvatljivu procjenu predložene rang-liste preostaje nam da objasnimo još dva važna pojma koje je uveo T. Kuhn (1962.). To su znanstvena zajednica i paradigma. I znanstvena zajednica ima više značenja, ali ovdje se misli na sve one znanstvenike koji rade na jednoj problematiki, rabe jednake ili slične metode i mjerne jedinice te se služe sličnim nazivljem. Drugim riječima to su sustručnjaci (kospecijalisti - kako nek žele reći kolege). Znanstvena zajednica sastavljena je, dakle, od sustručnjaka, a određena je paradigmom. Paradigma ima više značenja, a jedno od njih po Kuhn u "označava čitavu konstelaciju uvjerenja, vrijednosti, tehnika i tako dalje, koju dijele članovi date zajednice" (str. 239). Razne znanstvene zajednice imaju, dakle, svoja uvjerenja kao i svoje kriterije vrijednosti

i ako netko misli da se ja sada prepirem sa svojim 'ruđerovskim' supratnikom Klaićem nije sasvim u pravu. Mi samo istupamo u ime svojih uvjerenja uvjetovanih paradigmama naših znanstvenih zajednica, konkretno kemije i klasične biologije. Vrijednosni sustavi su u našim zajednicama očigledno drugačiji. Ovo nam objašnjava još jednu poteškoću, a to je poteškoća razumijevanja znanstvenika iz drugih znanstvenih oblasti. Mi, doduše, govorimo hrvatski, ali se ne razumijemo do kraja. Svi mi razumijemo poglavito samo ono što nam omogućava paradigma naše znanstvene zajednice i teško shvaćamo da su vrijednosni sustavi u drugim zajednicama drugačiji. Ja sam toga svjestan, a mnogi toga nisu pa svojim "metrima" mjere tuđe rezultate. To je i razlog da se moj 'ruđerovski' kolega i ja ne razumijemo i suprotstavljamo.

Sada su "karte na stolu" i "igra" može početi.

E, pa otkuda da počnemo? Poštena kritika uzima u obzir i dobre i loše strane, a od kojih poći? Prvo od pozitivnih!

Autoru valja odati priznanje za hrabrost da pod svojim imenom i bez skrivanja iza nekog autoriteta navede, po njegovom shvaćanju dakako, rang-listu 100 najboljih znanstvenika u našoj državi. On nije žalio truda da pregleda oko 9000 članaka što je ogroman napor. Čestitam mu što je učinio ono što ja nisam uspio, a to je primijena frakcijskog (parcijalnog) autorstva. On doslovno kaže: "Zbog toga se u ovoj analizi svakom autoru pripisao n-ti dio dotičnog znanstvenog djela. Iako koautori nekog članka imaju različiti doprinos njegovoj izradi, pri scijentometrijskoj analizi jedina je mogućnost da se svakom koautoru pripiše jednako parcijalno autorstvo" (str.4). (Kada sam se za to zalagao naišao sam na zid odbijanja i samo sam se uspio zamjeriti moćnicima, ne postigavši ništa a sumnjam da će Klaić biti sreće. Oni drug su, ači!). Nada je, rezultate svojih analiza Klaić koristi za kritiziranje propisanih uvjeta izbora u znanstvena zvanja, zbog čega bez sumnje zaslužuje podršku. Veliki trud i hrabrost zaslužuju svaku pohvalu.

A sada i o onoj drugoj strani analize koja proizlazi iz paradigmatičkog uvjerenja autora i stoji u suprotnosti s uvjerenjem moje znanstvene zajedni-

ce. U ostalom, razne discipline razni običaji. Ono u čemu se ne slažemo ne vjerujem da je Klaić učinio s nekom zlom namjerom. Počnimo redom!

Metodika nije besprijekorna, zbog toga što Klaić od triju sastavnica znanosti razmatra samo publikacije, a ne i otkrića (što ne rade ni mnogi drugi), a ni citate (što rade mnogi drugi). Tim postupkom različito pogađa pojedine znanstvene zajednice. Pogoduje onim većim znanstvenim zajednicama koje se bave općom problematikom, a šteti osobito malim zajednicama kao i onima koje se bave regionalnim problemima. Konkretno, Klaić uzima u razmatranje samo one članke u časopisima koje uključuje *Current Contents* (CC). Velika je hrabrost da se tim činom odbaci veliki dio publikacija (i autora) bez obzira na njihov doprinos razvoju znanosti. To je suprotno s onim za što se deklarativno zalaže. Naime, svoju raspravu počinje slijedećom rečenicom: "Znanstvena djelatnost je javna djelatnost kojoj je osnovni cilj povećati znanje ljudskog roda" (str. 3). Točno! Da sam ja pisao takav članak počeo bih ako ne doslovno tim onda barem sličnim riječima. Logično, napredak znanosti (povećanje znanja ljudskog roda) ovisi o (objavljenim) znanstvenim otkrićima. Međutim, nitko i nigdje nije propisao kako i gdje se otkriće mora objaviti. Mi mislimo da to sami odlučujemo, a u stvari to nam određuju običaji naše znanstvene zajednice. Velika većina ne želi biti bijela vrana, već poštuje dominantne običaje svoje znanstvene zajednice. Kako to čine oni najistaknutiji sustručnjaci tako čine i ostali. Ako vodeći znanstvenici jedne znanstvene grane objavljuju u časopisima uključenim u CC to će činiti i većina ostalih. *Et vice versa!* Kako to riješava Klaić? On uzima, kao što je rečeno, za osnovu svoje analize jedino one časopise koje uključuje *Current Contents*. I što je posljedica toga? Znanstveni radovi iz područja ne samo da su slični društvu znanosti nego znatan dio prirodni bez obzira na vrijednost i kvalitetu, stavljen je u drugi plan, "škartiran" time što uopće ne ulazi u analizu. Mnogi vrijedni znanstvenici postaju odjednom znanstvenicima drugog reda. A to što kaže Klaić da su sami sebe osudili na anonimnost nije posve točno, jer su dobri članci citirani u svjetskoj literaturi, a neki od njih, ako ih citira članak iz časopi-

sa kog uključuje CC dospiju u SCI, odnosno SSCI ili A&HCI, čak ni one koje objavljuju u međunarodnim časopisima, na kongresnim jezicima s kompetentnim recenzijama. Pitam se, kojim moralnim pravom odbaciti vrijedne znanstvene publikacije i tisuće vrijednih znanstvenika? Ako ocjenjujemo rad pojedinca onda dolaze u obzir sve njegove originalne znanstvene publikacije (tj. koje sadrže jedno ili više znanstvenih otkrića) bez obzira gdje bile publicirane, jer publicira se prema pravilima jedne znanstvene zajednice, onako kako ona zahtijeva ili barem dopušta. Iz vlastitog iskustva znamo da kada pišemo neki rad mislimo na naše buduće "konzumente". Znamo da se moramo držati normi objavljivanja svoje (a ne tuđe) zajednice ako želimo da nam sustručnjaci članak ne samo pročitaju nego i citiraju. Zdrav razum govori da kolega Klaić kada piše neki rad ne očekuje moj sud (biologa) nego sud svojih sustručnjaka (koji će ga potencijalno i citirati) i podvrgava se pravilima koje priznaje njegova zajednica (kemičara). To isto vrijedi i za mene kao i za svakog drugog znanstvenika.

U pogledu tipova publikacija za procjenu imao bih neke primjedbe. Naravno, da se slažem da se ne prihvaćaju za ocjenu sažeci priopćenja znanstvenih skupova (zbog toga ćemo se obojica grdno zamjeriti nekim našim vajnim znanstvenicima), kao ni urednički prilozi, recenzije knjiga i nekrologa (o programima za računala ne mogu se izjasniti jer ne poznajem problematiku). Međutim, sporni su pregledni članci. Slažem se da se u analizu ne uključuju stručno-pregledni kratki članci koji samo pabirče tuđe rezultate i mišljenja, međutim ima preglednih radova u kojima se iznose nove ideje i dovode u nove odnose pojmovi koji ranije nisu bili u (što je zapravo znanstveno otkriće) pa ih valja stoga uključiti među prave znanstvene radove i uzeti u obzir za ocjenjivanje. To vrijedi i za rasprave. Pogledajmo samo koliko se znanstvenika upušta u rasprave? Kod pisanja znanstvenih članaka većina se drži ustaljenih kalupa pa prema tome pisanje nekonvencionalnih članaka (obično polemika) je pokazatelj (ne i mjerilo) istaknutog znanstvenika. Čudi me da u obzir uzima pisma (*letters*), a ne uzima rasprave (možda mislimo na različite stvari?). Ovim neopravdanim postupkom is-

ključen je iz svih analiza veliki broj vrlo vrijednih publikacija odnosno njihovih autora, što nejednako pogađa razne znanstvene zajednice.

Kada govorimo o metodici podimo prvo od tablica 1. i 2. Radi se o klasifikaciji znanstvenih grana. Bože moj, kako li su samo znanosti klasificirane?! To ne bi ni, kako se to kaže, ni pas s maslom mogao progutati.! Ne krivim za to Klaića, dakako, ali barem je mogao izbjeći mnoge, ako ne sve, nedosljednosti predloženih klasifikacija. Kao školovani biolog, jasno, potražiti ću u tim tablicama biološke grane. Od bioloških grana prvo se spominje opća biologija. Koliko ja znam uopće ne postoji opća biologija kao znanstvena grana (disciplina). To je obično kolegij uvoda u biologiju ili češće u zoologiju, gdje se uče osnove biologije. Postoji samo teorijska biologija, kojom se bavi mali broj biologa, pogotovo u nas. Slijedi znanost o okolišu - što je to? Englezi kada kažu *environmental sciences* onda uglavnom misle na one znanstvene (nebiološke) grane koje su granične s ekologijom, a ekologija se bavi odnosom organizma i okoline. Okoliš ne zanima toliko biologiju koliko kemiju, klimatologiju, pedologiju itd pa prema tome nije mu mjesto među biološkim disciplinama. Zatim slijedi antropologija (ali nije jasno na što se misli: na biološku ili filozofsku disciplinu ili možda na etnologiju). Tu je i biologija mora, (ali ne kopna) i slatkih voda (usput: za Engleze to su svježije vode, za Ruse prijesne vode, a za Nijemce, Francuze, Talijane i nas to su slatke vode). Slijede genetika i nasljeđivanje te na koncu botanika. A gdje je onda zoologija? Tamo gdje nema zoologije nema ni zoologa tj. mojih sustručnjaka. Moram spomenuti da se navode još neke grane vezane s biologijom: biokemija i molekularna biologija, endokrinologija i metabolizam pa i imunologija. U tablici 2. spomenuta je još i mikrobiologija. Upada u oči da su sve biološke grane svrstane pod biomedicinske znanosti. Nije li takva klasifikacija znanstvenih disciplina ipak previše nedosljedna da bi se smjela smatrati sasvim ozbiljnom i uzeti je za temelj bilo kakve ozbiljne rasprave? Gdje bih onda ja pripadao po toj klasifikaciji? Nema ni (zoološke) ekologije, ni sistematike, ni evolucije ni teorijske biologije. Čudo je kako je ljudski mozak tako slab kada treba klasificirati

znanosti. Ova klasifikacija znanosti je sasvim onkraj dobrog ukusa i zdrave pameti pa teško može dovesti i do pouzdanijih analiza. Jednom sam uputio pismo E. Garfieldu u vezi neprimjerenosti klasifikacije znanstvenih disciplina. On je ljubazno odgovorio da je moje pismo prosljedio suradnicima i sve je ostalo po starom.

Tablica 3. je vrlo zanimljiva jer se u njoj po prvi put iznose imena najistaknutijih znanstvenika RH. Uz imena navodi se broj publikacija, parcijalno (frakcijsko) autorstvo i kvaliteta časopisa. Prvo dvoje je ono za što se i ja zalažem i što pozdravljam. Valja navesti broj svih publikacija i uz to zbroj svih frakcija (ali ako se izražavaju frakcije publikacija mora se to učiniti i s citatima). I kvaliteta časopisa je relevantna, samo se pitam je li autori kada pišu svoj rad gledaju na ono što piše u nekom prethodnom radu iz literature pa da ga citiraju ili prvo gledaju na časopis u kom je objavljen da bi ga citirali. Kako tko, a ja gledam jedino na relevantnost problematike bez obzira na vrstu publikacije. U nas u odnosima prema rangiranju časopisa postoje dva tabora, vrlo isključiva. Jedni tvrde da je važno objaviti neko važno otkriće u bilo kakvom časopisu, dok drugi drže da je važan časopis smatrajući ako je rukopis prošao kroz "sito i rešetko" oštih recenzora da mora biti dobar (iz njihovih usta u božje uši!). Dakle, važno je gdje se objavi, jer časopis s većim faktorom utjecaja donosi mu veći ugled među kolegama i vjerojatnost učestalijeg citiranja. I jedni i drugi imaju svoje razloge. U korist prvima govori činjenica da Mohorovičić nije objavio svoj rad o potresima u vodećem časopisu pa opet je nezaobilazan u seizmološkoj literaturi (Moho - sloj diskontinuiteta). Ili primjerice Kolombatović (1891.) je objavio svoj rad o novim vrstama riba u godišnjaku svoje gimnazije, pa ga opet citiraju svi koji se bave tim ribama čak i u časopisima koje uključuje CC. U ostalom, ni najvažnija svjetska otkrića počam od Aristotela, Pitagore i Arhimeda, preko Newtona, Darwina i Einsteina nisu objavljena u časopisima koje uključuje CC, a da im ugled time nije ni malo umanjen. Međutim, mnogi se trude da im rad bude objavljen u što boljem časopisu (pogotovo ako se ne mora dugo čekati na objavljivanje i ako se ne plaća po stranici), jer iskustvo pokazuje da su češ-

će i više citirani. Istina je zapravo u sredini: važno je i gdje i što se objavljuje. Kod jednih su važni poglavito (noviji) časopisi, a kod drugih časopisi i knjige, dok im je vrijeme objavljivanja irelevantno, relevantan je jedino sadržaj. Tako na primjer filozofi počinju citirati počevši od stare Grčke, sistematičari od Linnéa, evolucionisti od Lamarcka i Darwina itd. Obično ti koji se bave starijim problematikama moraju znati više jezika. Suprotno tome znanstvenici koji se bave mlađim modernijim problematikama u pravilu čitaju samo noviju literaturu i služe se samo engleskim jezikom. Razlike su, dakle, velike. A pravila objavljivanja uvjetuje priroda predmeta istraživanja, veličina dotične znanstvene zajednice i njezina paradigma.

• Pogledajmo sada još malo i rezultate u tablicama 3. i 4. Logično je i ljudski da prvo tražimo svoje mjesto i svojih konkurenata. Zanima me poglavito kako stoje biolozi koji su završili studij na Biološkom odsjeku Prirodoslovnomatematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a koji su uspješni znanstvenici. Svjestan sam da naša generacija nema prepoznatih istaknutih pojedinaca koji strše iznad ostalih i daju pečat svom vremenu kao što je bilo na primjer prije četrdesetak godina dok su bili aktivni Vouk, Lorković, Horvat i Ercegović. Ne tražim zoologe, dakle, među prvih deset, ali nema naših ni među prvih dvadeset, a bogme ni trideset pa ni četrdeset sve do devedesetih. Nameće se pitanje: jesmo li mi školovani biolozi, pogotovo zoolozi zaista drugorazredni znanstvenici, ljenčine, i zgubidani?? A što je tek sa stotinama znanstvenika iz humanističkih i društvenih znanosti?? Ili je možda ipak pogrešna metoda ocjenjivanja? Evo, kako na to gleda sam Klaić: "Ova analiza polazi od osnovne ideje da su prosječna produktivnost i faktor utjecaja pojedine znanstvene grane unutrašnja karakteristika svake struke. Kada ne bi bilo tako, morali bismo zaključiti da se prosječna inteligencija, marljivost i ambicioznost istraživača različitih struka razlikuju, što je, naravno, neprihvatljivo" (str. 7). Rezultati njegovih analiza dokazuju baš suprotno. Prevladavaju imena znanstvenika samo iz nekih znanstvenih grana. On umjesto da ocjenjuje znanstvenike po njihovom doprinosu napretku znanosti on ih ocjenjuje prema tome kojoj pripadaju

znanstvenoj disciplini. Ako među zoologima i botaničarima uistinu ima onih koji čija su inteligencija, marljivost i ambicije neupitne zašto ih onda nema podjednako po cijeloj rang-listi?! Ili je ipak prihvatljiviji zaključak da je metodika istraživanja neprikladna?! Ja baš tako mislim, metodika mora biti primjerenija. U čemu je pogreška? Klaić je uzeo premalo pokazatelja i to samo onih koji odgovaraju njegovoj znanstvenoj zajednici. Analiza je, dakle, pristrana, i unatoč objektivnim metodama, neobjektivna. Može li biti dobra metodika koja ne prepoznaje među mnoštvom hrvatskih znanstvenika iz društvenih i humanističkih znanosti one koji strše po vrijednosti znanstvenih doprinosa?

I ono što je najpogrešnije u postupku je to da se uspoređuje znanstvenike iz različitih znanstvenih zajednica sa različitim paradigmama, uspoređuje se, kako to naš narod kaže, babe i žabe, a treba se držati onoga što je već odavno poznato u scijentologiji da je ispravno uspoređivati samo slično sa sličnim (Martin & Irvine, 1983.), dakle, babe s babama, a žabe sa žabama. Drugim riječima valja uspoređivati fizičare s fizičarima, a kemičare s kemičarima pa konačno zoologe sa zoologima.

Nažalost u nas se je pokušavalo znanstvenike klasificirati ne po njihovom doprinosu napretku znanosti nego prema disciplinama kojima se bave. No takvi pokušaji ipak su prozirni i boreći s njima nešto malo sam naučio i o scijentometriji. Ono što sam naučio iz scijentologije i povijesti znanosti je to da je jedno znanstveno djelo vrlo složeno i s mnogo komponenata, ali da se može približno procijeniti na osnovi velikog broja pokazatelja i mjerila pomnom analizom otkrića, publikacija i citata. Pri tome valja uspoređivati samo unutar što šireg područja usporedivih paradigmi, napr. u biologiji usporedba ima smisla samo među onima koji se bave, kako se to moderno kaže, biologijom cijelog organizma (ekologija, evolucija, biogeografija, sistematika, filogenija) i ne zajedno s onima koje se bave dijelovima organizma (anatomija, fiziologija, molekulska biologija). Po Lotkinom zakonu unutar svake te skupine izdvojit će se prvih 10% koji proizvode 50% publikacija i citata, njihova imena svakako valja navoditi poimenično. To ima smisla i tim

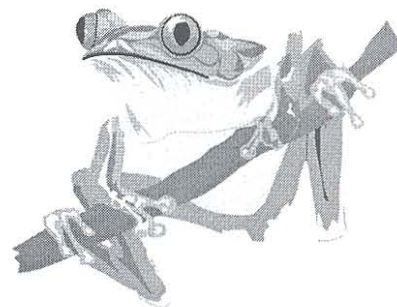
putem valja kretati, a nikako uspoređivati neusporedivo tj znanstvene "babe i žabe". Da zaključimo: Valja pozdraviti javno započetu raspravu o tome tko je tko u hrvatskoj znanosti. To će biti vrlo korisno za našu znanstvenu politiku i zato su ovakve rasprave dobrodošle.

I što reći na koncu? Mi smo smo ovdje raspravljali o ocjenjivanju u znanosti i o rang-listi najuspješnijih hrvatskih znanstvenika, a to ipak nije bit, srž ove kontroverzije je mnogo dublja i dalekosežnija. No, nije ni teško pogoditi o čemu se radi. Danas se odvaja premalo sredstava za znanost, postoji velika konkurencija za financijska sredstva. U toj borbi svakako dobro dođe nekima da mogu reći: "Gle, na mom projektu ima nekoliko znanstvenika koji su po oštrim međunarodnim kriterijima izabrani među prvih sto najboljih u RH". I baš zato je važno i potrebno da objektivnom analizom dođemo do toga tko je tko u hrvatskoj znanosti.



LITERATURA

- Kangrga, M. (1984): Ideologija. Filozofijski rječnik. II izd. (Ur. M. Filipović). Matica hrvatska. Zagreb. 136 - 137.
- Klaić, B. (1996): Pokušaj vrjednovanja u znanosti u nas. Rugjer. 5:3 - 11.
- Kolombatović, Gj. (1891): Glamoči (Gobii) Spljetskog Pomorskog Okružja u Dalmaciji. Godišnje izvješće c..k. velike realke u Splitu za školsku godinu 1980 - 91: 1 - 29.
- Kuhn, Th. S. (1970): The structure of scientific revolutions. II. Ed. The University Chicago. Press. (prema prijevodu S. Novakovića. Nolit, Beograd. 1974).
- Martin, B. R. and J. Irvine (1983): Assessing basic research. Some partial indicators of scientific progress in radio astronomy. Research Policy. 12: 61 - 90.



Društvena procjena znanosti i tehnologije

Darko Polšek

Institut za primijenjena društvena istraživanja iz Zagreba priredio je u petak, 16. svibnja, 'raspravu oko okruglog stola' što joj je tema bila Društvena procjena znanosti i tehnologije. Kako su znanost i tehnologija bitni pogonski elementi društvenog razvoja, u posljednje se vrijeme u znanstvenoj zajednici a i u cjelokupnoj javnosti sve češće postavlja pitanje o potrebi za novim usmjerenjima i modelima koji bi bili primjereni za budući razvoj znanosti u Hrvatskoj. Postavljaju se, primjerice, sljedeća pitanja:

- U čemu su bile slabosti dosadašnje znanosti?
- Treba li Hrvatskoj novi model razvoja znanosti?
- Kako procijeniti dosadašnji razvoj znanstvenika i znanstvene zajednice i što bi trebalo poboljšati?
- Kako bi trebalo oblikovati organizaciju znanstvenoga rada da bude primjerenija današnjem trenutku u razvoju svjetske znanosti?
- Postavlja li svjetska znanost nove standarde organizacije znanosti?
- Može li Hrvatska pratiti sve dosege svjetske znanosti ili se treba opredijeliti kako bi vrhunski rezultate postizala samo u nekim disciplinama?
- Kakvu ulogu u razvoju i promociji znanosti imaju neovisne, nevladine institucije?
- Treba li u skladu s novim ciljevima reformirati sveučilišta i način usavršavanja znanstvenika?

- Može li se, i ako može kako, postojeće znanje bolje iskoristiti u razvoju tehnologije?

- Na koji način ustrojiti organizaciju za svrsishodniju tehnološku primjenu znanosti?

To su samo neka pitanja koja se postavljaju pred javnost, pred znanstvenu zajednicu i pred državne službe koje oblikuju znanstvenu politiku.

U Institutu za primijenjena društvena istraživanja desetak mladih istraživača (pod vodstvom dr. Darka Polške) od početka ove godine rade na istraživačkoj temi pod naslovom "Društvena procjena znanosti i tehnologije", a predmet njihova istraživanja upravo su gorepostavljena pitanja.

Fokus dosadašnjih istraživanja bile su tri podteme:

- uloga sveučilišta u primjeni znanosti,
- modeliranje tehnološkog razvoja u Hrvatskoj i
- stavovi javnosti prema znanosti.

Međutim, do jasne i primjerene evaluacije dosadašnje znanosti i do određivanja primjerenih modela za razvoj buduće znanosti i tehnologije nije moguće doći bez mišljenja eksperata, tj. vrhunskih hrvatskih stručnjaka na području prirodnih, društvenih, tehničkih i ostalih znanstvenih disciplina, kao ni bez sudjelovanja donositelja odluka o oblikovanju znanstvene politike.

Stoga smo odlučili organizirati 'okrugli stol' s naslovom našeg istraživanja koji će skupini vrhunskih stručnjaka dati riječ i ponuditi im mogućnost da

svojim stavovima prema gorenavedenim pitanjima izravno i neizravno oblikuju znanstvenu politiku u Hrvatskoj. Na 'okrugli stol' uz donositelje odluka u sferi znanstvene politike pozvali smo dvadesetak znanstvenika koji su, uz svoj znanstveni rad, javnosti ponudili i neke odgovore o okvirima i procjeni znanstvenoga rada. Smatramo, naime, da je dijalog o tim pitanjima unutar znanstvene zajednice, kao i između znanstvenika i kreatora znanstvene politike, nužni preduvjet za donošenje primjerenih političkih odluka i poboljšanja stanja u znanosti u Hrvatskoj.

Cilj te rasprave 'oko okruglog stola' nije bilo donošenje konačnih zaključaka, pa ni temeljito preispitivanje bilo kojeg od navedenih pitanja. Međutim, tiskanje zbornika s prilogima sudionika u raspravi koji namjeravamo objaviti što prije nakon održavanja te 'rasprave oko okruglog stola' sigurno će ostaviti trajniji trag. Cilj je te 'rasprave oko okruglog stola', stoga, da pruži djelimični uvid u raznolika mnijenja eksperata o pitanjima znanstvene procjene i određivanje znanstvene politike i organizacije kako bi svima sudionicima dao okvir za oblikovanje priloga.

Održana 'rasprava oko okruglog stola' bila je živa a na momente i burna i snimana je te će većim dijelom ovog ljeta biti emitirana na Trećem programu Hrvatskoga radija i objavljena u zborniku što bi trebao izaći još ovog ljeta.



Državne nagrade znanstvenicima

Goranka Jureško

Odbor za dodjelu državnih nagrada za znanost donio je ... odluku o dodjeli 23 državne nagrade za znanost s različitih znanstvenih područja u prošloj godini. To je, među ostalim na konferenciji za novinare ... istaknuo predsjednik Sabora i Odbora akademik Vlatko Pavletić, a s novinarima je razgovarao i potpredsjednik Vlade i Odbora prof. dr. Ivica Kostović.

Za životno djelo nagradu je dobio Ivo Petricoli i to za područje humanističkih znanosti, zatim prof. dr. Marko Branica za područje prirodnih znanosti, akademik Andrija Kaštelan za područje biomedicinskih znanosti, akademik Vojislav Bego za područje tehničkih znanosti te prof. dr. Branko Jakaša za područje društvenih

znanosti. Za područje biotehničkih znanosti nije bilo kandidata za nagradu.

Godišnjom nagradom za znanost u području humanističkih znanosti nagrađeni su prof. dr. Nikša Gligo, dr. Anđelko Badurina i dr. Ivo Perić.

Za područje prirodnih znanosti nagrađeni su prof. dr. Josip Pečarić, dr. Slobodan Danko Bosanac i prof. dr. Nikola Juretić.

Godišnju nagradu za područje biomedicinskih znanosti dobili su prof. dr. Marin Bulat, prof. dr. Eugenija Žuškin i prof. dr. Ivica Anić.

Za područje tehničkih znanosti nagrađeni su prof. dr. Ivo Kolin, prof. dr. Branko Jeren i mr. Predrag Pale te skupina suradnika Boris Bojanić, Tomislav Hafner, mr. Miroslav Poljak i Josip Tomašević.

U području društvenih znanosti nagrade će dobiti Zora Raboteg-Šarić, prof. dr. Vladimir Veselica i dr. Vesna Lamza-Posavec.

Godišnjom nagradom za popularizaciju i promidžbu znanosti nagrađeni su dr. Greta Pifat-Mrzljak, prof. dr. Vladimir Grdinić i dr. Ivan Grubišić.

Povelje će nagrađenim znanstvenicima biti uručene na Dan državnosti, a visina novčanog dijela nagrade za životno djelo je 40 000 kuna, za godišnju nagradu 10 000 kuna a za popularizaciju i promidžbu znanosti 7 000 kuna. Sve nagrade dodjeljene su tajnim glasovanjem članova Povjerenstva i Odbora.

("Vjesnik", 6. svibnja 1997.)

Uredništvo "Rugjera" čestita svima nagrađenima!

I virusi imaju svoje parazite

Nikola Juretić

Čest je slučaj da u prirodi jedan organizam živi na račun drugog živog organizma. Tu pojavu znamo pod nazivom parazitizam. Kod parazitizma se zapravo radi o nekoj vrsti združivanja dvaju organizama u svojevrsnu zajednicu u kojoj jedan od njih od zajedničkog života ima korist a drugi štetu: organizam koji iz parazitskog odnosa crpi korist naziva se parazit, a onaj koji trpi štetu naziva se domaćin. Obično je parazit - po stupnju razvijenosti - niži organizam, a domaćin viši organizam. Zbog toga je najviše parazita među mikroorganizmima, npr. bakterijama i gljivicama.

Opće je poznato da su i virusi paraziti. Međutim, manje je znano da i među virusima postoje međuovisnosti koje po mnogo čemu odgovaraju parazitizmu kakvog susrećemo kod organizama. Naime, uz neke viruse dolaze u stanici poput satelita ili još sitniji virusi ili pak male slobodne RNA. Replikiranje tih satelita u potpunosti ovisi o virusu uz koji oni dolaze. Kad je riječ o toj vrsti biološke međuovisnosti (satelitizmu) u virusnom i subvirusnom svijetu, neki su mišljenja da su satelitni virusi i satelitne RNA zapravo molekularni paraziti.

Virusi su osebujni paraziti

Virusi su obvezatni paraziti. To znači da se oni ne mogu razmnožavati, poput npr. bakterija, na umjetnim podlogama već samo u živim stanicama svojih domaćina. Pri tom oni mogu dosta često uzrokovati različite zloćudne bolesti. Obvezatni parazitizam nije isključiva osobina virusa. Takav se tip nametništva susreće i kod staničnih organizama (npr. parazitskih gljiva). Međutim, postoji značajna razlika između obvezatnog parazitizma virusa i obvezatnog parazitizma staničnih organizama. Naime, svi obvezatni paraziti stanične građe imaju svoj vlastiti metabolizam u koji uključuju tvari koje crpe iz svog živog domaćina. Za razliku od njih, virusi ne mogu direktno koristiti sastojke koji im stoje na raspolaganju u stanici-domaćinu jer oni nemaju svoj vlastiti metabolizam. No, vi-

rusi mogu nešto drugo: oni su sposobni poslužiti se metabolizmom svoga domaćina, i to nakon što ga preusmjere za svoje potrebe, tj. za stvaranje svojih novih virusnih čestica.

Virusi su u svom parazitizmu dosta specijalizirani tako da jedni od njih parazitiraju samo na bakterijama (bakteriofagi ili kraće fagi), drugi samo na animalnim organizmima (animalni virusi), a treći opet samo na biljnim organizmima (biljni virusi).

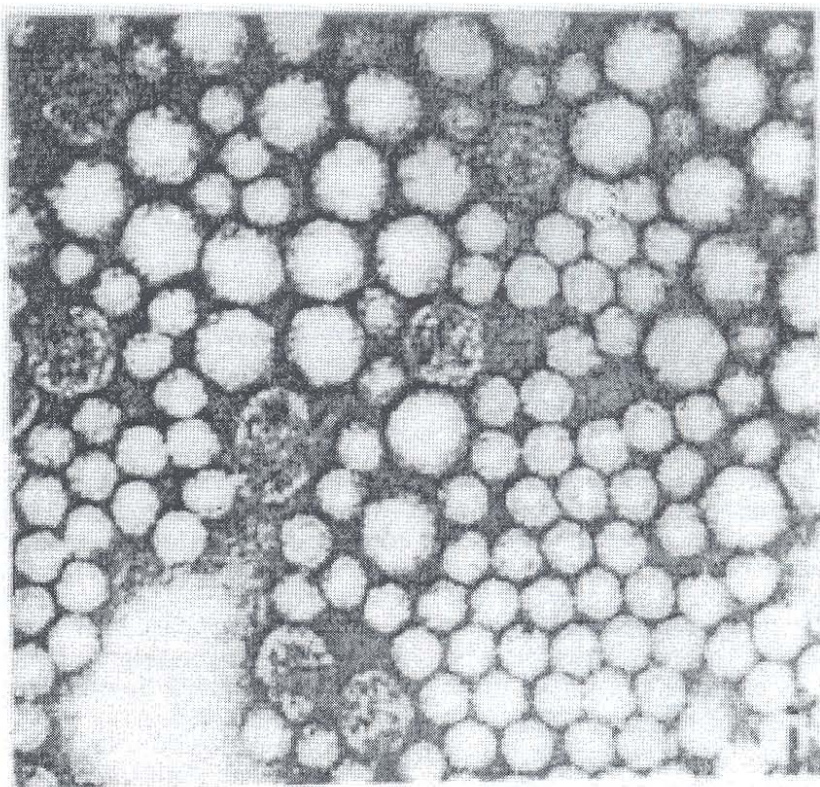
Virusi i njihovi paraziti

Spomenuto je da i neki virusi, koji su dakle i sami paraziti, mogu imati svoje parazite. Dvije su vrste takvih virusnih parazita: jednu vrstu predstavljaju tzv. satelitni virusi, a drugu tzv. satelitne RNA. Za obadviije vrste virusnih satelita karakteristično je da u inficiranoj stanici nikad ne dolaze sami, nego uvijek kao trabanti uz neki određeni virus o kome ovise. Razlog tomu jest to što je njihova nukleinska kiselina premalena da bi u

njoj mogle biti pohranjene sve genetičke informacije potrebne za njihovo samostalno razmnožavanje. Unatoč tomu, ti se sateliti ipak razmnožavaju, ali zahvaljujući pomoći koju dobivaju od virusa uz koji dolaze. Taj je drugi virus, zbog uloge koju obnaša, dobio naziv virus-pomagač.

Satelitni virusi i satelitne RNA (virusni sateliti) imaju neke zajedničke osobine:

- genom jednih i drugih je vrlo malen zbog čega se ne mogu samostalno razmnožavati; nukleinska kiselina satelita nije dio genoma virusa-pomagača i obično ona po nukleotidnom slijedu ne sliči virusu-pomagaču.
- replikacija genomske nukleinske kiseline satelita ovisi o specifičnom virusu-pomagaču (svaki virus ne može biti pomagač).
- i jedna i druga vrsta satelita može utjecati na simptome bolesti koje uzrokuje virus-pomagač.



Sl. 1. Poliedrične virusne čestice dviju veličina nađene istovremeno u inficiranoj stanici: veće čestice (promjera 30 nm) su čestice virusa-pomagača (TNV-a), a manje čestice (promjera 17 nm) su čestice satelitnog virusa (STNV-a).

- replikacija satelita ometa u izvjesnoj mjeri replikaciju virusa-pomagača.

- sateliti se repliciraju u stanici na svom vlastitom kalupu, ali uz pomoć virusa-pomagača.

1. Satelitni virusi

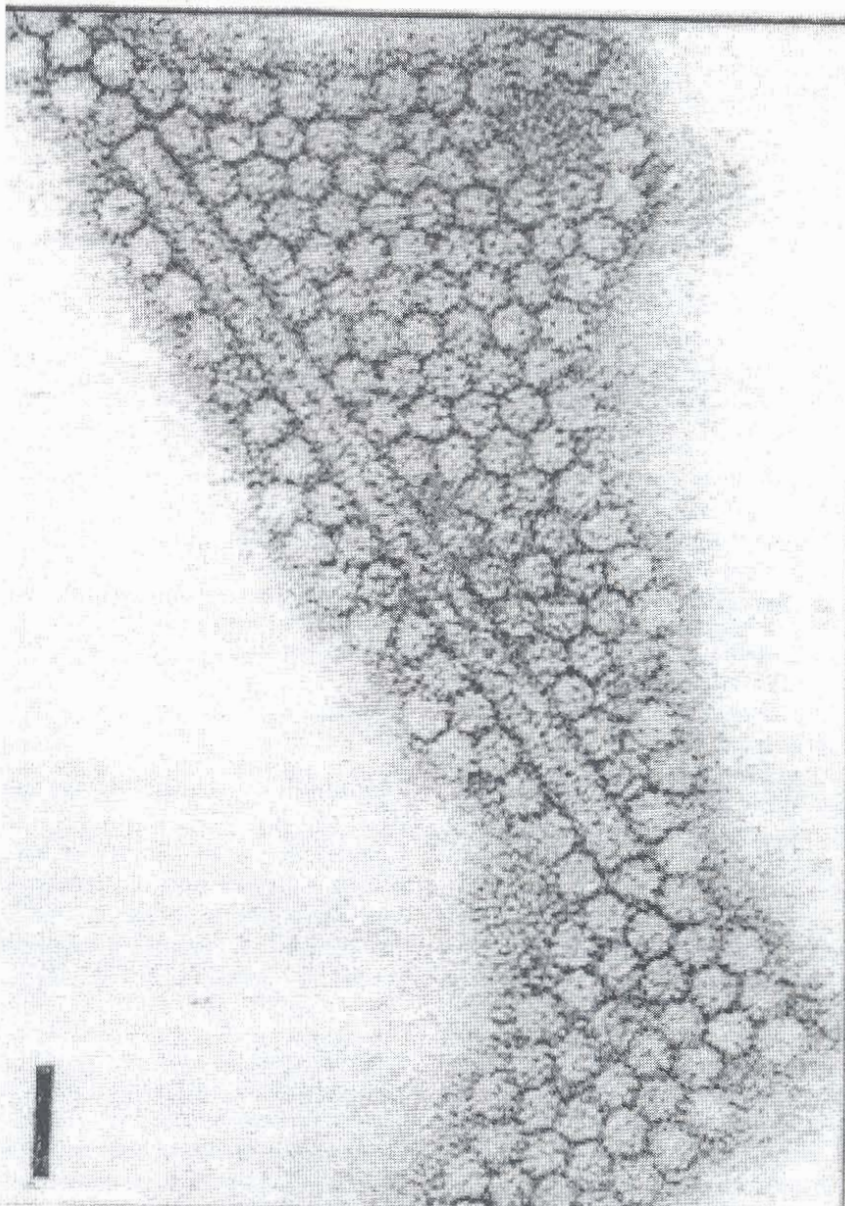
Što se tiče satelitnih virusa, oni po veličini spadaju među najmanje viruse uopće. Na prvi pogled satelitni virusi sličje normalnim virusima: oni posjeduju svoj vlastiti proteinski omotač (kapsidu) unutar kojeg je smještena njihova genomska nukleinska kiselina. Međutim, oni su redovito dosta manji od virusa-pomagača (sl. 1). Nukleinska kiselina satelitnih virusa je vrlo malena: npr. kod satelitnih virusa s jednolančanom RNA, njihova se RNA sastoji od svega 1000 do najviše 1500 nukleotida. Zbog malenog genoma, satelitnim virusima obično nedostaje gen za enzim replikazu s pomoću kojega se replicira njihova nukleinska kiselina. Većina satelitnih virusa ima samo gen za proteinski omotač. U većini slučajeva satelitni virusi imaju poliedričnu a ne produženu česticu. Isto tako, i većina je virusa-pomagača poliedričnog oblika. Posve je rijetka pojava da satelitni virus, čija je čestica poliedrična, ovisi o virusu-pomagaču štapićastog oblika. Evo takvog rijetkog primjera: uz štapićasti biljni virus TMV (300 nm) u inficiranoj stanici može doći i njegov satelitni virus poliedričnog oblika (sl. 2).

Satelitski odnosi su osobito česti među biljnim virusima. No, satelitska ovisnost postoji, iako u manjoj mjeri, i među animalnim virusima. Primjerice, satelitska ovisnost je dokazana kod nekih retrovirusa (satelitni virus uz Rousov virus sarkoma) te kod nekih adenovirusa (poliedrični virusi s dvolančanom DNA) uz koje dolaze kao sateliti sitniji, poliedrični virusi s jednolančanom DNA.

Parazitska ovisnost (satelitizam) postoji i kod nekih faga koji sadrže DNA: npr. satelitni fag P4 ne može se replicirati bez pomoći svoga faga-pomagača, a to je fag P2.

2. Satelitne RNA

Druga vrsta virusnih satelita su tzv. satelitne RNA. To su jednolančane RNA koje su sa sigurnošću dokazane zasada samo kod biljnih virusa. Budući da satelitne RNA ne mogu stvarati vlastiti proteinski omotač, one su "pri-

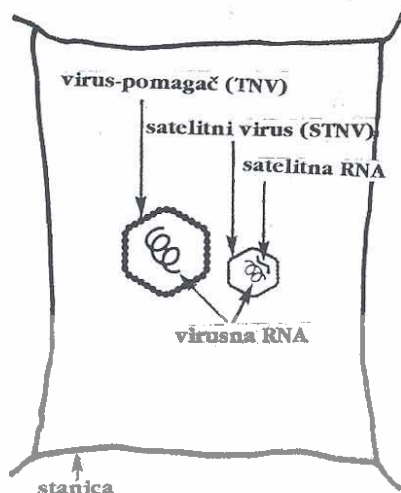


Sl. 2. Elektronska snimka štapićaste čestice TMV-a oko koje se nalazi više poliedričnih čestica jednog satelitnog virusa; replikacija satelitnog virusa u cijelosti ovisi o TMV-u. Mjerilo predstavlja 50 nm (prema R. A. Valverdeu).

morane" tražiti zaštitu unutar proteinskog omotača virusa-pomagača. Obično one dolaze unutar proteinskog omotača virusa-pomagača zajedno s virusnom nukleinskom kiselinom; rjeđa je pojava da satelitne RNA dolaze unutar proteinskog omotača virusa-pomagača same, bez virusne nukleinske kiseline. Te se nevirusne RNA ne mogu samostajno replicirati bez pomoći virusa koji im osigurava proteinski omotač. Satelitne RNA su razmjerno male, jednolančane molekule. Većina njih je izgrađena od 300 do 700 nukleotida; manji je broj onih koje se sastoje od 1000 do 1700 nukleotida.

Manje satelitne RNA ne pokazuju osobine mRNA pa ne kodiraju niti jedan protein. Za razliku od toga, veće satelitne RNA posjeduju osobine mRNA: njihovim prevođenjem nastaju nesrukturni proteini (enzimi) nepoznatih funkcija.

Između više skupina biljnih virusa koji sadrže satelitne RNA spomenimo npr. tombusviruse. Virusi te skupine imaju genom u obliku jednolančane RNA (izgrađena od 4500 nukleotida). Ta se genomska RNA nalazi unutar izometrične čestice čiji je promjer oko 30 nm. Neki tombusvirusi sadrže unutar svoje kapside osim vlastite RNA i



Sl. 3. Shematski prikaz istovremenih parazitskih odnosa između virusa TNV, virusa STNV i satelitne RNA: na virusu-pomagaču (TNV) parazitira satelitni virus (STNV), a na ovom opet satelitna RNA (svi oni zajedno parazitiraju u stanici).

male jednolančane, satelitne RNA. Na primjer, satelitna RNA tombusvirusa TBSV-a izgrađena je od 450 nukleotida. Po nukleotidnom sastavu ona se potpuno razlikuje od virusne RNA, a njezina replikacija posve ovisi o RNA virusa-pomagača.

Većina satelitnih RNA su linearne molekule. Međutim, otkrivene su i satelitne RNA kružnog oblika. Po tom obilježju one sliče viroidima (kružne jednolančane RNA koje inficiraju više biljke) pa se takve kružne satelitne RNA nazivaju virusoidi.

O podrijetlu satelitnih RNA postoje dvije pretpostavke. Prema prvoj od njih, satelitne RNA linearnog oblika nastale su regresivnom evolucijom od virusa: najprije su od normalnih virusnih čestica nastali manjkavi (defektni) virusi, tj. satelitni virusi, a od ovih zatim satelitne RNA. Druga pretpostavka odnosi se na podrijetlo satelitnih RNA koje imaju kružan oblik: prema njoj takve su satelitne RNA nastale od viroida, dakle od kružnih infektivnih RNA čija se replikacija odvija uz pomoć staničnih enzima. Ono po čemu se satelitne RNA ipak bitno razlikuju od viroida jest to što satelitne RNA ovise o specifičnom virusu, tj. virusu-pomagaču, a viroidi o stanici svoga domaćina. Osim toga, satelitne RNA - za razliku od viroida - nisu same po sebi infektivne.

Sve dosad rečeno odnosilo se je na satelitne RNA koje prate neke biljne viruse. O mogućem postojanju satelitnih RNA kod animalnih virusa nije se govo-

rilo sve do 1989. godine. Te su, naime, godine američki istraživači A. Kos i K. S. Wang sa suradnicima otkrili da tzv. hepatitis-delta virus, koji uzrokuje naročiti oblik čovječjeg hepatitisa, i nije pravi virus, nego da je on zapravo gola, jednolančana, kružna RNA (to je ujedno bilo i prvo otkriće prstenaste RNA u animalnom svijetu). Ta je RNA dobila naziv delta-uzročnik čovječjeg hepatitisa (engl. *human hepatitis delta agent* ili kraće HHDA). RNA HHDA je izgrađena od 1663 nukleotida. Ona pokazuje osobine mRNA te kodira jedan protein (delta-antigen) nepoznate funkcije. Slično satelitnim RNA koje dolaze uz biljne viruse i RNA HHDA dolazi u stanici jetre uvijek kao satelit uz posve određeni virus; to je virus koji znamo pod imenom virus hepatitisa B (VHB). Ustanovljeno je da HHDA ne može sam za sebe ući u stanicu jetre bez pomoći VHB-a. Dakle, VHB ima ovdje ulogu virusa-pomagača. Zanimljivo je da virus pritom ne pomaže HHDA-u u repliciranju njegove RNA, već samo u njegovoj adsorpciji na membranu stanice u koju on želi ući. Budući da se i adsorpcija virusa na stanicu obavlja pomoću virusne proteinske ovojnice, HHDA "posuđuje" od virusa-pomagača (VHB-a) njegovu ovojnicu u koju se zakratko umotava, dok se ne prenese u novu stanicu. Zanimljivo je da HHDA i VHB nisu ni po čemu "srodni" (VHB je virus koji sadrži DNA!). Usprkos tomu, HHDA ovisi o VHB-u i poput satelita (parazita) može doći samo u onoj stanici u kojoj se nalazi i VHB. HHDA

utječe na jačinu bolesti koju uzrokuje sam VHB: upala jetre mnogo je jača ako se uz VHB u jetri nađe i HHDA. Hepatitis što ga zajedno uzrokuju VHB i HHDA naziva se hepatitis D.

Iz rečenog proizlazi da HHDA dosta slični satelitnim RNA koje dolaze uz biljne viruse. Međutim, za razliku od njih, replikacija RNA HHDA ne ovisi o virusu-pomagaču. Zbog toga se neki pitaju nije li HHDA zapravo animalni viroid (pravi viroid je infektivna RNA nađena u biljkama čija se replikacija zbiva uz pomoć staničnih a ne virusnih enzima). Unatoč sličnosti i s biljnim satelitnim RNA i s viroidima, neki još uvijek svrstavaju HHDA među prave viruse. Razlog za to nalaze u tome što HHDA barem u jednoj fazi svog "života" posjeduje virusnu ovojnicu koju posuđuje od virusa-pomagača.

Virusni parazit može imati svoga parazita!

Zanimljiva je sljedeća pojava koja se susreće kod nekih biljnih satelitnih virusa: i sam satelitni virus, dakle, parazit, može biti domaćin još sitnijem parazitu. Na primjer, kod satelitnoga biljnog virusa STNV-a (sl. 3), čije razmnožavanje ovisi o jednom drugom biljnom virusu (TNV-u), ustanovljeno je da se unutar njegove male poliedrične čestice (promjer oko 17 nm) može nalaziti, osim virusne RNA, i jedna satelitna RNA. Ta satelitna RNA koristi proteinski omotač STNV-a radi zaštite i radi prijenosa na nove stanice biljke-domaćina. Međutim, replikacija i satelitnog virusa STNV-a i satelitne RNA, koja dolazi u njegovoj čestici, ovisi o virusu TNV. Ovdje je riječ o jedinstvenoj pojavi: jedna satelitna RNA parazitira na dva virusa: na TNV-u (bez kojeg se ne može replicirati), i STNV-u (od koga koristi proteinski omotač) dakle, na virusima koji su i sami u parazitiskom odnosu i koji još, kao i svi virusi, parazitiraju u stanici odgovarajućeg organizma.

Umjesto zaključka

Iz rečenog se vidi da i virusi - koji kao paraziti vrebaju na sve žive organizme na Zemlji - mogu i sami biti napadnuti od još sitnijih parazita (defektnih, satelitnih virusa i satelitnih RNA); i ovi paraziti, kao uostalom i svi drugi paraziti, štete svom domaćinu. Prema tome, i virusi imaju svoje prirodne "neprijatelje" s kojima su u stalnoj borbi za svoj opstanak.



Temeljne prirodne stalnice

Zvonimir Jakobović

Temeljne prirodne stalnice ili konstante¹ naziv je onih fizikalnih veličina koje imaju stalne vrijednosti, općenito ili uz određene okolnosti. Nazivaju ih i fizikalnim stalnicama jer se pretežno rabe u fizici i fizikalnoj kemiji. Njihova je stalnost različitih razina, neke su općenito stalne u nama poznatom svijetu (npr. Planckova stalnica), neke su stalne u određenom sredstvu (npr. brzina svjetlosti u zrakopraznom prostoru), neke su stalne u određenim stanjima (npr. mase elementarnih čestica u mirovanju) ili na određenim mjestima i u određenom vremenu (npr. ubrzanje Zemljine težje), a neke su stalne stoga što nastaju izračunavanjem iz drugih stalnica.

Nekoliko je primjena temeljnih stalnica. Prva je i najpoznatija primjena za bezbrojna izračunavanja mjernih rezultata u fizici, kemiji i drugim egzaktnim prirodnim znanostima te u njihovim primjenama u tehnici i tehnologiji. Druga primjena, važnija za istraživače, istraživanje je kvantitativnih posljedaka teorijskih postavki. Treća je primjena važna teorijskim fizičarima i kemičarima stoga što za kritičku procjenu teorijskih postavki služi usporedba vrijednosti temeljnih stalnica koje proizlaze iz neke samostalnice teorijske postavke s vrijednostima uz neke druge teorijske postavke ili s vrijednostima dobivenima mjerenjima u pokusima.

Prve su temeljne stalnice mjerene izravno ili posredno još u 17. stoljeću. Bile su to brzina svjetlosti, ubrzanje Zemljine težje i gravitacijska stalnica. U 19. stoljeću određivane su stalnice vezane uz istraživanja i primjenu elektromagnetizma, a na prijelazu 19. u 20. stoljeće određivane su stalnice vezane uz elementarne čestice i elektromagnetno zračenje. Sva su ta mjerenja i određivanja neovisno obavljana na različitim mjestima, na različite načine i s različitim točnostima. Znanstvena istraživanja i velika tehnička dostignuća, osobito u elektronici i telekomunikacijama u drugoj polovici 20. stoljeća (poluvodička elektronika, računalna tehnika, laseri, svjetlovođi i

dr.), bila su poticajem i potrebom sve točnijih mjerenja, a time i sve točnijih temeljnih prirodnih stalnica.

Stalnice, koeficijenti i faktori

Stalnica kao naziv za veličinu stalne vrijednosti ponekad se brka s pojmovima koeficijent i faktor, a i oni se često puta zamjenjuju [2].

Koeficijent je naziv za veličinu k čijim se množenjem s nekom veličinom a dobije nova veličina b . Stoga što je $k=b/a$, često se govori o koeficijentu proporcionalnosti. Koeficijent ima jedinicu koja je omjer jedinica veličine b i veličine a , $[k]=[b]/[a]$.

Faktor je naziv za omjer dviju istovrsnih veličina, stoga je faktor bezdimenzijska veličina, što znači da mu je mjerna jedinica jedan.

Prava vrijednost i mjerna nesigurnost

Neku fizikalnu veličinu možemo prema svojoj spoznaji svijeta smatrati stalnom, ali je sasvim drugo pitanje s kolikom točnošću znamo njezinu vrijednost. Pri mjerenju ili pri navođenju mjernog podatka nastoji se saznati prava vrijednost fizikalne veličine. Ponovljena mjerenja pokazuju da se njihovi rezultati samo okupljaju u nekom području vrijednosti, unutar kojega je i očekivana prava vrijednost. Stoga se prava vrijednost fizikalne veličine može samo procijeniti nekim od statističkih postupaka [3], [4], a točnost mjerenja ocijeniti pogreškom kojom mjerni rezultat odstupa od procijenjene prave vrijednosti. Prava se vrijednost fizikalne veličine ne može dobiti mjerenjem, pa se ona obično dogovorno uzima iz najtočnijega mogućeg mjerenja.

U suvremenom se mjeriteljstvu preporuča da se rezultat mjerenja ne iskazuje pogreškom nego mjernom nesigurnosti. To je podatak kojim se pokazuje unutar kojeg se područja vrijednosti, s određenom vjerojatnošću, može očekivati prava vrijednost mjerene veličine! Mjerna se nesigurnost određuje nekim od statističkih postupaka, te tako iskazuje mjerni rezultat [5].

Samo je za nekoliko stalnica, kojih su vrijednosti vrlo precizno odre-

đene, zbog potreba oslanjanja na njih u drugim određenjima, međunarodno dogovoreno da nema nesigurnosti, što znači da se ta vrijednost uzima kao točna! Danas su to brzina svjetlosti u zrakopraznom prostoru, permeabilnost i permitivnost zrakopraznog prostora, te normirana atmosfera i normirano ubrzanje Zemljine težje.

Za procjenu mjerne nesigurnosti pri vrhunskim mjerenjima, pa tako i mjerenjima temeljnih prirodnih stalnica, još se od dvadesetih godina ovog stoljeća primjenjuje statistički postupak naimanih kvadrata.

Preporučene vrijednosti temeljnih prirodnih stalnica

Odbor za podatke u znanosti i tehnici (engl. *Committee on Data for Science and Technology*, CODATA) koji je u sastavu Međunarodnog vijeća znanstvenih udruga (engl. *International Council of Scientific Unions*, ICSU) prihvatio je i objavio 1973. godine preporučene vrijednosti skupa samosvojnih i međusobno usklađenih temeljnih prirodnih stalnica i preračunskih koeficijenata. Te su vrijednosti bile izmjerene do tada najtočnijim mogućim mjerenjima uz navedene mjerne nesigurnosti procijenjene najbolje znanim statističkim postupcima najmanjih kvadrata, sa 17 stupnjeva slobode.

Mjeriteljski vjesnik			
Glasilo Mjeriteljskog društva Hrvatske			
Godište 5.	Svibanj (maj) 1987.	Broj 1	
SAHRZAJ: STR. 580.	UDK: 389.006.0051	VU ISSN: 0352-5813	
			29
Međunarodno usklađene prirodne stalnice Codata 1986. (1)			

Novim mjerenjima i procjenama znatno poboljšane vrijednosti temeljnih prirodnih stalnica objavila je CODATA 1986. godine [6], [7], [8]. U tom se skupu razlikuju dvije skupine stalnica.

a) Pomoćne stalnice (engl. *auxiliary constants*) za koje su vrijednosti poznate s tolikom preciznošću da se mogu smatrati točnim, te ih nije potrebno usklađivati. Pomoćnicima se na-

zivaju stoga što se pomoću njih izračunavaju druge stalnice. Primjeri su pomoćnih stalnica: brzina svjetlosti (u zrakopraznom prostoru) c_0 , permeabilnost zrakopraznog prostora μ_0 , Rydbergova stalnica R_∞ i Josephsonov omjer frekvencije i napona $2 e/h$. Vrijednosti pomoćnih stalnica poznate su s relativnom nesigurnosti manjom od $0,02 \text{ ppm}^2$, tj. $0,02 \times 10^{-6}$.

b) Usklađene stalnice kojih vrijednosti slijede iz različitih mjerenja, dakle iz stohastičkih ulaznih podataka (engl. *stochastic input data*), pa im je relativna nesigurnost većinom mnogo veća. Ona je u vrijednostima preporučenim u CODATA 1986. u području $(0,065 \text{ do } 9,7) \times 10^{-6}$. Za određivanje tih stalnica upotrijebljeno je osim pomoćnih stalnica i pet veličina koje su služile kao "nepoznanice". To su:

1. recipročna vrijednost stalnice fine strukture α^{-1} ,
2. omjer jedinice napona održavane (engl. *as-maintained*) u BIPM-u¹ i međunarodnog (SI) volta, $K_V = V_{76,85}/V$,
3. omjer jedinice otpora održavane u BIPM-u i međunarodnog oma, $K_R = \Omega_{BIPM}/\Omega$,
4. međumrežni razmak d_{220} rešetke (220) idealnoga kristala silicija i
5. omjer magnetnih momenata miona i protona, μ_B/μ_p .

Najbolje vrijednosti tih pet veličina, procijenjenih postupkom najmanjih kvadrata, osnova su za određivanje drugih stalnica. Tako se, na primjer, iz omjera jedinice struje održavane u BIPM-u i međunarodnog ampera, $K_A = A_{BIPM}/A$, primjenom Ohmova zakona $K_A = K_V/K_R$, može ustanoviti skladnost tih veličina.

Preporučene vrijednosti prirodnih stalnica CODATA 1986. nastale su usklađivanjem najbolje poznatih vrijednosti stalnica do 1. siječnja 1986. godine. To je bilo i razlogom što u račun za K_V nije uzet inače izvrstan rezultat određen zagrebačkom naponskom vagom (konstruiranom na Elektrotehničkom fakultetu), koji je objavljen sredinom 1986. godine. Stalnice je pripremila posebna radna skupina stručnjaka (engl. *CODATA Task Group on Fundamental Constants*), koju su vodili E. R. Cohen (predsjednik od 1969. do 1987.) i B. N. Taylor (sadašnji predsjednik), čiji je noviji članak [7] bio neposrednim poticajem i ovog prikaza.

Temeljitom obradom najboljih vrijednosti pet navedenih veličina, primjenom postupka najmanjih kvadrata, utvrđene su njihove vrijednosti. One su nadalje, uz pomoćne stalnice, poslužile izračunavanju preporučenih vrijednosti ostalih prirodnih stalnica. Očekivalo se da zbog znatnog smanjenja nesigurnosti prema vrijednostima preporučenim 1973. godine nova mjerenja neće bitno utjecati na preporučene vrijednosti CODATA 1986.

Nakon objavljivanja ovih preporuka 1986. godine, mjerenjima se došlo i do još točnijih vrijednosti nekih prirodnih stalnica. Tako su ustanovljene nove vrijednosti i nove mjerne nesigurnosti Rydbergove stalnice, plinske stalnice, Josephsonova omjera, stalnice fine strukture i dr. Te nove vrijednosti, a osobito smanjivanje njihove nesigurnosti utjecat će na vrijednosti i nesigurnosti brojnih drugih prirodnih stalnica. Obradba tih novih rezultata i njihovo međusobno usklađivanje dugotrajan je posao za koji se očekivalo da će biti priveden kraju u 1996. godini. Stoga možemo u do gledno vrijeme očekivati novi skup temeljnih prirodnih stalnica CODATA.

Do tada se smatra da je skup temeljnih prirodnih stalnica CODATA 1986. najbolji samosvojni skup međunarodno usklađenih vrijednosti prirodnih stalnica.

Upotreba prirodnih stalnica

U prilogu je ovog prikaza cjelovita tablica temeljnih prirodnih stalnica CODATA 1986. nadopunjena nekim jedinicama i normiranim stalnicama, prema [8], iako su neki njezini dijelovi kod nas već objavljivani, na primjer u [2] i [7]. Ona uglavnom odgovara izvorniku, od kojeg je samo u nekim detaljima odstupljeno dosljednom primjenom preporuka o pisanju znakova fizikalnih veličina i mjernih jedinica prema Hrvatskim normama HRN ISO 31 [1] i HRN ISO 1000 [9]. To se ponajprije odnosi na pisanje decimalnog zareza (umjesto točke, kako je to uobičajeno u engleskom) i na pisanje nazivnika u zgradama poslije kose razlomačke crte. Nadalje, kad god je bilo moguće, negativni je eksponent u znakovima jedinica zamijenjen grafički pouzdanim kosom crtom kao znakom dijeljenja. U tablici su redom navedeni: hrvatski naziv stalnice i po potrebi defini-

cijska jednadžba, zatim normirani ili uobičajeni znak stalnice, brojčana vrijednost, znak mjerne jedinice te relativna nesigurnost u milijuntinkama. Iza brojčane vrijednosti navedena je u zagradi nesigurnost posljednjih brojki, iskazana na statističkoj razini od jedne sigme (tj. 68%).

Pojedinačne očitane vrijednosti treba pisati na neki od uobičajenih načina, na primjer za Planckovu konstantu pomoću apsolutne nesigurnosti:

$$h = (6,626\,075\,5 \pm 0,000\,004\,0) \times 10^{-34} \text{ J s},$$

ili pomoću relativne nesigurnosti:

$$h = 6,626\,075\,5 (1 \pm 0,60 \times 10^{-6}) \times 10^{-34} \text{ J s}$$

Kojom će se preciznošću iz tablice uzimati vrijednost neke prirodne stalnice ovisi o okolnostima, ponajprije o potrebnoj točnosti izračunavanja, te o točnosti, tj. mjernoj nesigurnosti drugih veličina koje se upotrebljavaju u proračunu. O tome postoje i neke preporuke [1], [5], koje svatko mora prilagoditi svojim potrebama i mogućnostima.

Literatura:

1. ... Hrvatska norma HRN ISO 31-0: 1996. Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo.
2. Z. Jakobović, Leksikon mjernih jedinica. Školska knjiga, Zagreb 1991.
3. M. Brezinščak, Mjerna nesigurnost. Tehnička enciklopedija, 8. sv., str. 604, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb 1982.
4. ... Upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti. Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Zagreb 1995.
5. Z. Godec, Iskazivanje mjernog rezultata. Graphis, Zagreb 1995.
6. E. R. Cohen, B. N. Taylor, *The 1986 Adjustment of the Fundamental Physical Constants*. CODATA Bulletin 63(1986).
7. M. Brezinščak, Međunarodno usklađene prirodne stalnice Codata 1986. (1) i (2). Mjeriteljski vjesnik, 5(1987)1 i 2.
8. R. Cohen, B. N. Taylor, *The Fundamental Physical Constants. Physics Today*, aug. 1995.
9. ... Hrvatska norma HRN-ISO 1000: 1996. Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo.

¹ U hrvatskom se jeziku rabe dva naziva, stalnica i konstanta. Najnovije Hrvatske norme rabe naziv stalnica [1].

² v. 1. bilješku u tablici

³ Međunarodni ured za utege i mjere u Sévresu kraj Pariza

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁶
Opće stalnice				
Brzina svjetlosti u zrakopraznom prostoru	c_0	299 792 458	m/s	točno
Permeabilnost zrakopraznog prostora	μ_0	$4 \pi =$ $= 12,566 370 614$	10^{-7} N/A	točno
Permitivnost zrakopraznog prostora	ϵ_0	$1/(\mu_0 c_0^2) =$ $= 8,854 187 817$	10^{-12} F/m	točno
Gravitacijska stalnica	G	6,672 59 (85) ³	10^{-11} m ³ kg ⁻¹ s ⁻²	128
Planckova stalnica	h	6,626 075 5 (40)	10^{-34} J s	0,60
$h/\{e\}$		4,135 669 2 (12)	10^{-15} eV s	0,30
$h/(2 \pi)$	\hbar	1,054 572 66 (63)	10^{-34} J s	0,60
		6,582 122 0 (20)	10^{-16} eV s	0,30
Planckova masa ($\hbar c/G$) ^{1/2}	m_P	2,176 71 (14)	10^{-8} kg	64
Planckova duljina $\hbar/(m_P c) = (\hbar G/c^3)^{1/2}$	l_P	1,616 05 (10)	10^{-35} m	64
Planckovo vrijeme $l_P/c = (\hbar G/c^5)^{1/2}$	t_P	5,390 56 (34)	10^{-44} s	64
Elektromagnetne stalnice				
Elementarni naboj	e	1,602 177 33 (49)	10^{-19} C	0,30
	e/h	2,417 988 36 (72)	10^{14} A/J	0,30
Kvant magnetnog toka, $h/(2 e)$	Φ_0	2,067 834 61 (61)	10^{-15} Wb	0,30
Josephsonov omjer frekvencije i napona	$2 e/h$	4,835 976 7 (14)	10^{14} Hz/V	0,30
Kvantizirana Hallova vodljivost	e^2/h	3,874 046 14 (17)	10^{-5} S	0,045
Kvantiziran Hallov otpor, $h/e = \mu_0 c/(2 \alpha)$	R_H	25 812,805 6 (12)	Ω	0,045
Bohrov magneton, $e \hbar/(2 m_e)$	μ_B	9,274 015 4 (31)	10^{-24} J/T	0,34

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁶
$\mu_B/\{e\}$		5,788 382 63 (52)	10^{-5} eV/T	0,089
μ_B/h		1,399 624 18 (42)	10^{10} Hz/T	0,30
$\mu_B/(h c)$		46,686 437 (14)	1/(m T)	0,30
μ_B/k		0,671 709 9 (57)	K/T	8,5
Nuklearni magneton, $e \hbar/(2 m_p)$	μ_N	5,050 786 6 (17)	10^{-27} J/T	0,34
$\mu_N/\{e\}$		3,152 451 66 (28)	10^{-8} eV/T	0,089
μ_N/h		7,622 591 4 (23)	MHz/T	0,30
$\mu_N/(h c)$		2,542 622 81 (77)	$10^{-2}/(m T)$	0,30
μ_N/k		3,658 246 (31)	10^{-4} K/T	8,5
Atomne stalnice				
Stalnica fine strukture, $\mu_0 c e^2/(2 h)$	α	7,297 353 08 (33)	10^{-3}	0,045
Recipročna stalnica fine strukture	α^{-1}	137,035 989 5 (61)		0,045
Rydbergova stalnica, $m_e c \alpha^2/(2 h)$	R_∞	10 973 731,534 (13)	m ⁻¹	0,0012
$R_\infty c$		3,289 841 949 9 (39)	10^{15} Hz	0,0012
$R_\infty h c$		2,179 874 1 (13)	10^{-18} J	0,60
$R_\infty h c/\{e\}$		13,605 698 1 (40)	eV	0,30
Bohrov polumjer, $\alpha/(4 \pi R_\infty)$	a_0	0,529 177 249 (24)	10^{-10} m	0,045
Hartreejeva energija, $e^2/(4 \pi e_0 a_0) = 2 R_\infty h c$	E_h	4,359 748 2 (26)	10^{-18} J	0,60
$E_h/\{e\}$		27,211 396 1 (81)	eV	0,30
Kvant cirkulacije, $h/(2 m_e)$		3,636 948 07 (33)	10^{-4} m ² /s	0,089
h/m_e		7,273 896 14 (65)	10^{-4} m ² /s	0,089
Elektron				
Masa elektrona	m_e	9,109 389 7 (54)	10^{-31} kg	0,59
		5,485 799 03 (13)	10^{-4} u	0,023
Energijski ekvivalent elektrona, $m_e c^2/\{e\}$		0,510 999 06 (15)	MeV	0,30
Omjer masa elektrona i miona	m_e/m_μ	4,836 332 18 (71)	10^{-3}	0,15

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁻⁶
Omjer masa elektrona i protona	m_e/m_p	5,446 170 13 (11)	10 ⁻⁴	0,020
Omjer masa elektrona i deuterona	m_e/m_d	2,724 437 07 (6)	10 ⁻⁴	0,020
Omjer masa elektrona i α -čestice	m_e/m_α	1,370 933 54 (3)	10 ⁻⁴	0,021
Specifični naboj elektrona	$-e/m_e$	1,758 819 62 (53)	10 ¹¹ C/kg	0,30
Molarna ⁴ masa elektrona	$M(e)$	5,485 799 03 (13)	10 ⁻⁷ kg/mol	0,023
Comptonova valna duljina, $h/(m_e c)$	λ_C	2,426 310 58 (22)	10 ⁻¹² m	0,089
$\lambda_C/(2\pi)$	$\lambda_{C,0}$	3,861 593 23 (35)	10 ⁻¹³ m	0,089
Klasični polumjer elektrona, $\alpha^2 \alpha_0$	r_e	2,817 940 92 (38)	10 ⁻¹⁵ m	0,13
Thomsonov presjek, $(8\pi/3) r_e^2$	σ_e	0,665 246 16 (18)	10 ⁻²⁸ m ²	0,27
Magnetni moment elektrona	μ_e	928,477 01 (31)	10 ⁻²⁶ J/T	0,34
u Bohrovu magnetonu	μ_e/μ_B	1,001 159 652 193 (10)		10 ⁻⁵
u nuklearnom magnetonu	μ_e/μ_N	1838,282 000 (37)		0,020
Anomalni magnetni moment, $\mu_e/(\mu_B-1)$	a_e	1,159 652 193 (10)	10 ⁻³	0,0086
g-faktor, $2(1+a_e)$	g_e	2,002 319 304 386 (20)		10 ⁻⁵
Omjer magnetnih momenata elektrona i miona	μ_e/μ_μ	206,766 967 (30)		0,15
Omjer magnetnih momenata elektrona i protona	μ_e/μ_p	658,210 688 1 (66)		0,010
Mion				
Masa miona	m_μ	1,883 532 7 (11)	10 ⁻²⁸ kg	0,61
		0,113 428 913 (17)	u	0,15
Energijski ekvivalent miona, $m_\mu c^2/\{e\}$		105,658 389 (34)	MeV	0,32

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁻⁶
Omjer mase miona i elektrona	m_μ/m_e	206,768 262 (30)		0,15
Molarna masa miona	$M(\mu)$	1,134 289 13 (17)	10 ⁻⁴ kg/mol	0,15
Magnetni moment miona	μ_μ	4,490 451 4 (15)	10 ⁻²⁶ J/T	0,33
u Bohrovu magnetonu	μ_μ/μ_B	4,841 970 97 (71)	10 ⁻³	0,15
u nuklearnom magnetonu	μ_μ/μ_N	8,890 598 1 (13)		0,15
Anomalni magnetni moment, $[\mu_\mu/(e \hbar/2 m_\mu)]-1$	a_μ	1,165 923 0 (84)	10 ⁻³	7,2
g-faktor, $2(1+a_\mu)$	g_μ	2,002 331 846 (17)		0,0084
Omjer magnetnih momenata miona i protona	μ_μ/μ_p	3,183 345 47 (47)		0,15
Proton				
Masa protona	m_p	1,672 623 1 (10)	10 ⁻²⁷ kg	0,59
		1,007 276 470 (12)	u	0,012
Energijski ekvivalent protona, $m_p c^2/\{e\}$		938,272 31 (28)	MeV	0,30
Omjer masa protona i elektrona	m_p/m_e	1836,152 701 (37)		0,020
Omjer masa protona i miona	m_p/m_μ	8,880 244 4 (13)		0,15
Specifični naboj protona	e/m_p	9,578 830 9 (29)	10 ⁷ C/kg	0,30
Molarna masa protona	$M(p)$	1,007 276 470 (12)	10 ⁻³ kg/mol	0,012
Comptonova valna duljina, $h/(m_p c)$	$\lambda_{C,p}$	1,321 410 02 (12)	10 ⁻¹⁵ m	0,089
$\lambda_{C,p}/(2\pi)$	$\lambda_{C,p,0}$	2,103 089 37 (19)	10 ⁻¹⁶ m	0,089
Magnetni moment protona	μ_p	1,410 607 61 (47)	10 ⁻²⁶ J/T	0,34
u Bohrovu magnetonu	μ_p/μ_B	1,521 032 202 (15)	10 ⁻³	0,010

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁻⁶
u nuklearnom magnetonu	μ_p/μ_N	2,792 847 386 (63)		0,023
Korekcija dijamagnetnog zasjenjenja za proton (H ₂ O, kuglasti uzorak, 25 °C), $1 - \mu_p'/\mu_p$	σ_{H_2O}	25,689 (15)	10 ⁻⁶	
Moment zasjenjenog protona, (H ₂ O, kuglasti uzorak, 25 °C),	μ_p'	1,410 571 38 (47)	10 ⁻²⁶ J/T	0,34
u Bohrovu magnetonu	μ_p'/μ_B	1,520 993 129 (17)	10 ⁻³	0,011
u nuklearnom magnetonu	μ_p'/μ_N	2,792 775 642 (64)		0,023
Giromagnetni omjer	γ_p	26 752,212 8 (81)	10 ⁴ s ⁻¹ T ⁻¹	0,30
	$\gamma_p/(2 \pi)$	42,577 469 (13)	MHz/T	0,30
Nekorigirani giromagnetni omjer (H ₂ O, kuglasti uzorak, 25 °C),	γ_p'	26 751,525 5 (81)	10 ⁴ s ⁻¹ T ⁻¹	0,30
	$\gamma_p'/(2 \pi)$	42,576 375 (13)	MHz/T	0,30
Neutron				
Masa neutrona	m_n	1,674 928 6 (10)	10 ⁻²⁷ kg	0,59
		1,008 664 904 (14)	u	0,014
Energijski ekvivalent neutrona, $m_n c^2/\{e\}$		939,565 63 (28)	MeV	0,30
Omjer masa neutrona i elektrona	m_n/m_e	1838,683 662 (40)		0,022
Omjer masa neutrona i protona	m_n/m_p	1,001 378 404 (9)		0,009
Molarna masa neutrona	$M(n)$	1,008 664 904 (14)	10 ⁻³ kg/mol	0,014
Comptonova valna duljina, $h/(m_n c)$	$\lambda_{C,n}$	1,319 591 10 (12)	10 ⁻¹⁵ m	0,089
	$\lambda_{C,n}/(2 \pi)$	2,100 194 45 (19)	10 ⁻¹⁶ m	0,089

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁻⁶
Magnetni moment neutrona	μ_n	0,966 237 07 (40)	10 ⁻²⁶ J/T	0,41
u Bohrovu magnetonu	μ_n/μ_B	1,041 875 63 (25)	10 ⁻³	0,24
u nuklearnom magnetonu	μ_n/μ_N	1,913 042 75 (45)		0,24
Omjer magnetnih momenata neutrona i elektrona	μ_n/μ_e	1,040 668 82 (25)	10 ⁻³	0,24
Omjer magnetnih momenata neutrona i protona	μ_n/μ_p	0,684 979 34 (16)		0,24
Deuteron				
Masa deuteronu	m_d	3,343 586 0 (20)	10 ⁻²⁷ kg	0,59
		2,013 553 214 (24)	u	0,012
Energijski ekvivalent deuteronu, $m_d c^2/\{e\}$		1875,613 39 (57)	MeV	0,30
Omjer masa deuteronu i elektrona	m_d/m_e	3670,483 014 (75)		0,020
Omjer masa deuteronu i protona	m_d/m_p	1,999 007 496 (6)		0,003
Molarna masa deuteronu	$M(d)$	2,013 553 214 (24)	10 ⁻³ kg/mol	0,012
Magnetni moment deuteronu	μ_d	0,433 073 75 (15)	10 ⁻²⁶ J/T	0,34
u Bohrovu magnetonu	μ_d/μ_B	0,466 975 447 9 (91)	10 ⁻³	0,019
u nuklearnom magnetonu	μ_d/μ_N	0,857 438 230 (24)		0,028
Omjer magnetnih momenata deuteronu i elektrona	μ_d/μ_e	0,466 434 546 0 (91)	10 ⁻³	0,019
Omjer magnetnih momenata deuteronu i protona	μ_d/μ_p	0,307 012 203 5 (51)		0,017
Stalnice fizikalne kemije				
Avogadrova stalnica	N_A, L	6,022 136 7 (36)	10 ²³ mol ⁻¹	0,59

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁻⁶
Atomna masena stalnica	m_u	1,660 540 2 (10)	10 ⁻²⁷ kg	0,59
Energijski ekvivalent atomne masene stalnice, $m_u c^2/\{e\}$		931,494 32 (28)	MeV	0,30
Faradayeva stalnica	F	96 485,309 (29)	C/mol	0,30
Molarna Planckova stalnica	$N_A h$	3,990 313 23 (36)	10 ⁻¹⁰ J s/mol	0,089
	$N_A h c$	0,119 626 58 (11)	J m/mol	0,089
Molarna plinska stalnica	R	8,314 510 (70)	J/(mol K)	8,4
Boltzmannova stalnica, R/N_A	k	1,380 658 (12)	10 ⁻²³ J/K	8,5
$k/\{e\}$		8,617 385 (73)	10 ⁻⁵ eV/K	8,4
k/h		2,083 674 (18)	10 ¹⁰ Hz/K	8,4
$k/(h c)$		69,503 87 (59)	m ⁻¹ K ⁻¹	8,4
Molarni obujam idealnog plina (pri 273,15 K i 101 325 Pa), $R T/p$	V_m	22 414,10 (19)	cm ³ /mol	8,4
Loschmitova stalnica, N_A/V_m	n_0	2,686 763 (23)	10 ²⁵ m ⁻³	8,5
Stefan-Boltzmannova stalnica, $(\pi^2/60) k^4/(15^3 c^2)$	σ	5,670 51 (19)	10 ⁻⁸ W m ⁻² K ⁻⁴	34
Prva stalnica zračenja, $2 \pi h c^2$	c_1	3,741 774 9 (22)	10 ⁻¹⁶ W m ²	0,60
Druga stalnica zračenja, $h c/k$	c_2	0,014 387 69 (12)	m K	8,4
Wienova stalnica, $\lambda_{\text{mkg}} T = c_2/4,965 114 23 \dots$	b	2,897 756 (24)	10 ⁻³ m K	8,4
Jedinice i normirane stalnice				
Elektronvolt, $(e/C) J = \{e\} J$	eV	1,602 177 33 (49)	10 ⁻¹⁹ J	0,30

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁻⁶
Atomna masena jedinica (unificirana), $m_u = m(^{12}\text{C})/12$	u	1,660 540 2 (10)	10 ⁻²⁷ kg	0,59
Normirana atmosfera	atm	101 325	Pa	točno
Normirano ubrzanje Zemljine teže	g_n	9,806 65	m/s ²	točno
Laboratorijski održavane električne jedinice				
BIPM-ov om, $\Omega_{85-\text{BI}}$ od 1.1.1985.	$\Omega_{85-\text{BI}}$	1–1,563 (50)×10 ⁻⁶ = 0,999 998 437 (50)	Ω	0,050
Godišnja promjena $\Omega_{69-\text{BI}}$	$\Omega_{69-\text{BI}}/\text{dt}$	–0,056 6 (15)	iΩ	
BIPM-ov volt, 483 594 GHz ($h/2e$)	$V_{76-\text{BI}}$	1–7,59 (30)×10 ⁻⁶ = 0,999 992 41 (30)	V	0,30
BIPM-ov amper, $A_{\text{BIPM}} = V_{76-\text{BI}}/\Omega_{69-\text{BI}}$	$A_{\text{BI-85}}$	1–6,03 (30)×10 ⁻⁶ = 0,999 993 97 (30)	A	0,30
Jedinice rentgen-skog zračenja				
Cu X-jedinica, $\lambda(\text{CuK}\alpha_1) \equiv \equiv 1537,400 \text{ X}$	X (CuK α_1)	1,002 077 89 (70)	10 ⁻¹³ m	0,70
Mo X-jedinica, $\lambda(\text{MoK}\alpha_1) \equiv \equiv 707,831 \text{ X}$	X (MoK α_1)	1,002 099 38 (45)	10 ⁻¹³ m	0,45
$\lambda(\text{WK}\alpha_1) \equiv \equiv 0,209 010 0 \text{ Å}^*$	Å*	1,000 014 81 (92)	10 ⁻¹⁰ m	0,92
Međumrežni razmak rešetke silicija (u zrakopraznom prostoru, 22,5 °C), $d_{220} = a \times 8^{-1/2}$	a	0,543 101 96 (11)	nm	0,21
	d_{220}	0,192 015 540 (40)	nm	0,21
Molarni obujam silicija, $M(\text{Si})/\rho(\text{Si}) = N_A a^3/8$	$V_m(\text{Si})$	12,058 817 9 (89)	cm ³ /mol	0,74

¹ Prema: E. R. Cochen, B. N. Taylor, *The Fundamental Physical Constants. Physics Today*, aug. 1995.

² U izvorniku se relativna nesigurnost navodi kraticom ppm, u značenju milijuntinke, koju ISO, IEC i dr. ne preporučuju.

³ Brojke u zagradama pokazuju nesigurnost u posljednjim brojkama navedene vrijednosti.

⁴ U suvremenom se mjeriteljstvu preporuča da se veličine nazivaju prema drugim veličinama, a ne prema jedinicama, npr. maseni, a ne kilogramski ili sl. Stoga bi za ove veličine bio bolji pridjevnik množinski prema množina (količina tvari), a ne molarni prema jedinici mol.

Akceleratori

Duro Miljanić

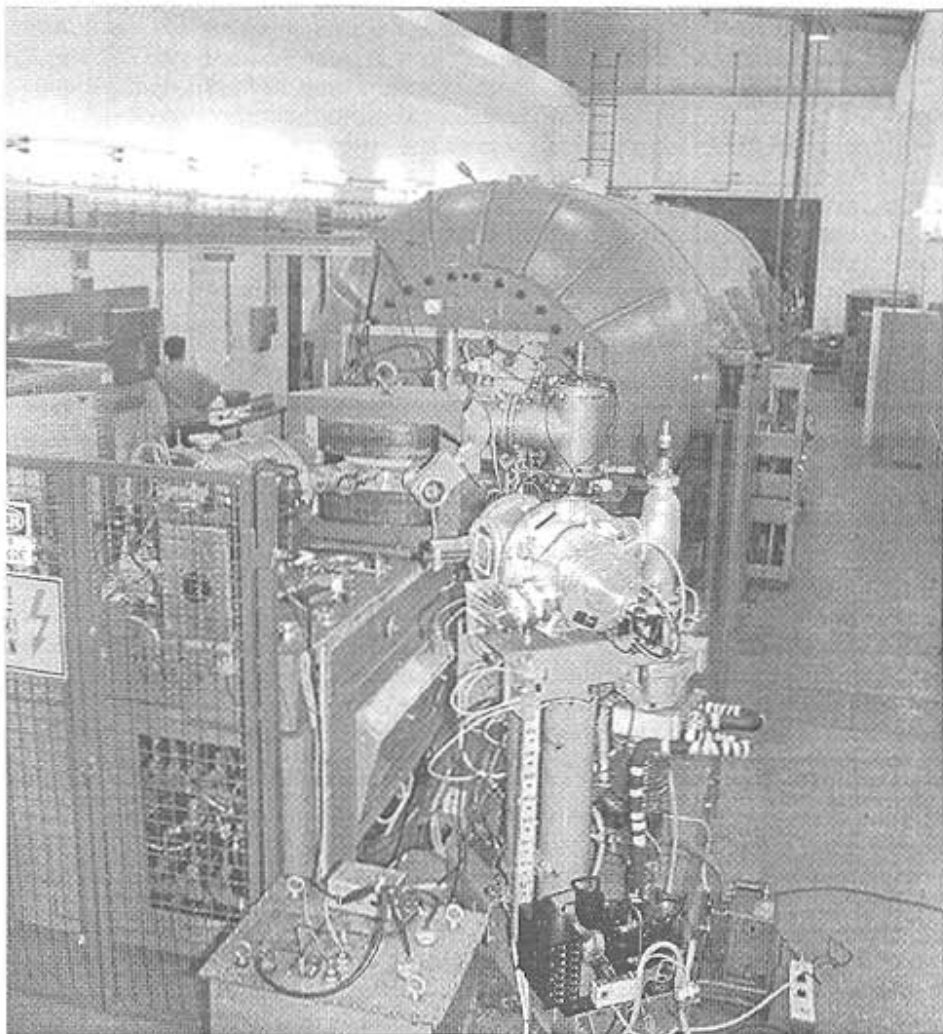
U Dentonu se svake druge godine održava "Međunarodna konferencija o primjeni akceleratora u istraživanjima i industriji". Tako se koncem prošle godine na sjeveru Teksasa našlo više od osamsto stručnjaka iz cijelog svijeta da bi čuli novosti i prikazali svoje radove u ovom vrlo širokom i dinamičnom području.

Akceleratori čestica su električni strojevi kojima se nabijene čestice ubrzavaju do brzina u rasponu iznad 100 km/s pa sve do blizu brzine svjetlosti. U početku su bili isključivo namijenjeni istraživanjima u nuklearnoj fizici, a sada imaju primjenu u vrlo širokom području od fundamentalnih istraživanja u prirodoslovlju, preko medicine, pa sve do rudarstva i industrijskih pogona, a koriste se i za razne vojne svrhe. Njihov broj u svijetu seže već preko deset tisuća. O mnoštvu tih primjena bilo je govora na konferenciji, a ovdje će biti dat samo kratki subjektivni izbor nekih od njih.

Nastavlja se brzi razvoj akceleratorne tehnologije i gradnja velikih akceleratorskih projekata u razvijenim zemljama. Tako je na skupu bilo govora o tako različitim strojevima kao što su novi mali akceleratori (promjer 5 cm) za proizvodnju neutrona prikladnih za ispitivanja bušotina (naftnih i drugih), nova generacija elektronskih akceleratora s jakim (kA) strujama, novi medicinski linaci, zatim akceleratori posebno prilagođeni za proizvodnju radioaktivnih izotopa za pozitronsku emisijsku tomografiju itd. Od velikih projekata s primjenom u raznim fundamentalnim istraživanjima prikazani su između ostalog Nacionalni izvor spaljačkih neutrona (Oak Ridge), Napredni izvor svjetlosti (Brookhaven), Postrojenje s radioaktivnim ionskim snopovima (Oak Ridge), zatim japanski SPring-8 itd.

Dio priloga bio je posvećen nuklearnoj fizici. U posljednje vrijeme posebno su interesantna istraživanja nuklearnih procesa izazvanih snopovima radioaktivnih iona, čime se dobivaju saznanja o atomskim jezgrama udaljenim od "doline stabilnosti" o kojima se donedavno vrlo malo znalo, a koje

zultati mjerenja nuklearnih reakcija, važnih za odgonetavanje problema Sunčevih neutrina, obavljenih u Podzemnom laboratoriju za nuklearnu astrofiziku (LUNA) u Italiji. Nisu mogli biti zaobiđeni ni drugi važni rezultati niskoenergijske nuklearne fizike, kao što su otkrića elemenata 110, 111 i 112,



čine više od 90% "mape nuklida". Tako su prikazani rezultati kao i planovi istraživanja iz nekoliko američkih, europskih i japanskih centara. Kako reakcije s radioaktivnim jezgrama imaju važnu ulogu na pr. u eksplozivnim događajima zvijezda kao što su novae i supernovae, izučavanje ovih procesa je posebno važno za nuklearnu astrofiziku. Pored toga prikazani su i prvi re-

kao i traganja za novim sve do elementa 126.

Atomska fizika je doživjela novi procvat upotrebom ovih strojeva, tako da se grade akceleratori isključivo namijenjeni atomskim istraživanjima (na pr. u Frankfurtu). Od širokog spektra istraživanja ovdje će biti spomenuti za ilustraciju samo eksperimenti s jako ogolelim ionima kao što su na pr. vo-

dikoliki ioni bizmuta (uz jezgru bizmuta zadržan je samo jedan od 83 elektrona) ili helijoliki ioni uranija. Prikazani su tako i rezultati proučavanja sudara jako ogoljelih iona s jako uzbuđenim (Rydbergovim) atomima (procesi važni za razumijevanje ponašanja vruće plazme), kao i usporedbe prolaza vrlo brzih iona kroz plinove i krutnine.

Akceleratori se upotrebljavaju i za dobivanje snopova ioniziranih klastera. Pod pojmom klaster ("grozd") podrazumijeva se nakupina atoma ili molekula, od malih sa samo nekoliko atoma, zatim na pr. fulerena (60 atoma ugljika) pa do onih velikih s više tisuća jedinki. Glavno svojstvo sudara brzog klastera s površinom, da se najveći dio njegove energije preda u vrlo malom volumenu, može se dobro iskoristiti za izučavanje zanimljivih fizičkih pojava, ali i za mnoge primjene u poluvodičkoj industriji, zatim za "ravnjanje" površina od tvrdih materijala (konačna "naboranost" je samo nekoliko milijarditih dijelova metra), za dobivanje vrlo tankih slojeva, za obradu površina organskih materijala itd. Pored ovog prikazana je i zanimljiva primjena snopova klastera CO₂ (preko 1000 molekula) za obradu površine prirodnih dijamanta.

Posebna područja primjene akceleratora je ionska implantacija t.j. usadivanje određene vrste iona u različite materijale i na taj način kontrolirano mijenjanje svojstava, bilo na površini, bilo po dubini uzorka. Posebno je bilo govora o širokoj primjeni implantacije u elektroničkoj i optoelektričnoj industriji, ali i na pr. u proizvodnji biokompatibilnih keramika koje se izravno vežu na živu kost, ili za dobivanje vrlo tvrdih dijamantolikih tankih slojeva za automobilske klipove, te za mijenjanje svojstava supravodiča.

Jedna od važnih primjena ionskih snopova su različite analitičke metode koje se osnivaju na atomskim ili nuklearnim procesima. Njima se dobivaju podaci o sastavu elemenata u uzorku te njihovoj raspodjeli ponekad čak i u sve tri njegove dimenzije. Na ovoj konferenciji bilo je govora o desetak takvih metoda od XRF (fluorescencije X-zraka) izazvane sinhrotronskim zračenjem do NRA (analize pomoću nuklearnih reakcija) upotrebljavajući razne Van de Graaffove akceleratora. Prikazane su primjene u različitim znanstvenim disciplinama (od

fizike preko ekologije do geologije) te u industrijskim granama, od elektroničke industrije do metalurgije i biotehnologije, svuda tamo gdje postoji potreba za preciznim nadzorom različitih mikrostruktura (u najširem smislu te riječi). Za ove svrhe često se upotrebljavaju u t. zv. nuklearnim mikroprobama ionski snopovi mikroskopskih (u novije vrijeme i submikroskopskih) dimenzija. Posebna metoda razvijena u posljednjih dvadesetak godina je akceleratora masena spektrometrija, kod koje cijeli akcelerator igra ulogu masenog spektrometra. Ona je našla primjenu svuda tamo gdje je potrebno odrediti nazočnost izotopa nekog elementa u vrlo sićušnom omjeru prema ostalim elementima u uzorku (i do 10⁻¹⁵). Na ovom skupu tako je predstavljeno jedno takvo postrojenje iz Grönigena, koje je posvećeno isključivo određivanju zastupljenosti ¹⁴C u različitim uzorcima, uz ilustraciju primjene u arheologiji, geologiji, hidrologiji i oceanografiji.

Ni ova konferencija nije mogla zaobići slobodno elektronske lasere (SEL), izvore koherentnog elektromagnetskog zračenja, u kojima središnje mjesto zauzimaju akceleratori elektrona. Posebno je bilo zanimljivo čuti o projektu SEL s visokom prosječnom snagom i mogućnošću rada u širokom području valnih duljina zračenja, od ultraljubičastog preko vidljivog do dalekog infracrvenog. Suradnici u ovom projektu su Jeffersonov laboratorij, nekoliko velikih američkih poduzeća (3M, IBM, Xerox itd.) i američka ratna mornarica. Moguća primjena takvih SEL su na pr. mikroobrada keramika i metala ali i brodski obrambeni sustavi.

U posljednje vrijeme akceleratori pomalo ulaze i u područje sigurnosti i borbe protiv krijumčarenja droge, eksploziva, nuklearnih materijala i sl. Nekoliko primjera moguće primjene izneseno je na konferenciji - od nenametljivog pregleda prtljage u zračnim lukama do pretraživanja cijelih kamiona s teretom. Akceleratori se tu koriste kao jaki izvori neutrona ili γ -zračenja, koji izazivaju reakcije s karakterističnim "otiskom" za dati materijal. Taj "otisak" se onda otkriva nizom prikladno postavljenih detektora povezanih sa sustavima za sakupljanje i istovremenu analizu podataka.

Medicina sve više postaje važno područje upotreba akceleratora: od proizvodnje radioaktivnih izotopa za dijagnostiku i terapiju do upotrebe različitih snopova u liječenju. Na konferenciji je posebno bilo govora o terapiji protonima i teškim ionima. Do kraja 1996. je u 17 centara u svijetu na ovaj način liječeno 20.000 pacijenata. Impresivni su bili podaci iz medicinskog centra Loma Linda u Kaliforniji o uspješnosti upotrebe snopova vrlo brzih protona u liječenju rano otkrivenog raka prostate. Također je dosta bilo govora o još jednom pristupu liječenja, posebno tumora mozga, o t. zv. terapiji uhvatom neutrona u boru (BNCT). Kao i kod protonske tako i ovdje glavni je cilj da se postigne što bolji omjer doze zračenja date tumoru prema onoj okolnom zdravom tkivu. Izborom prikladnog borovog spoja, koji se daje bolesniku, može se postići znatno veća koncentracija bora u tumoru od one u okolnom tkivu. Ovdje akceleratori služe za proizvodnju neutrona, koji se nakon usporavanja najvećim dijelom apsorbiraju u boru. Proizvodi svakog takvog uhvata su po jedna brza jezgra helija i litija i one svu svoju energiju predaju vrlo malom volumenu, veličine stanice i na taj način je uništavaju. Na konferenciji je bilo govora i o mogućem liječenju reumatoidnog artritisa na sličan način t. zv. sinovektomijom pomoću uhvata neutrona u boru.

Na ovom skupu ponovno su bile prikazane već dulje vremena rutinske i vrlo raširene primjene za sterilizaciju medicinskih potrepština, ozračivanje hrane i modifikaciju polimera.

Iz ovog kratkog i nepotpunog pregleda može se zaključiti koliko je široka fronta primjene akceleratora i koliko novih informacija se moglo čuti na ovoj konferenciji. O sudjelovanju naših stručnjaka u ovim poslovima i o hrvatskim (ne)mogućnostima trebalo bi napisati poseban članak. No na kraju dodajmo bez komentara i ovo: u radu konferencije uspješno su sudjelovali i još četiri "našijenca" (svi su prvi doticaj s akceleratorima imali u Institutu "Ruder Bošković" - S. Fazinić (IAEA, Beč), V. Horvat (Texas A&M University, College Station), I. Orlić (National University, Singapore) i V. Valković (nezaposlen, a inače najzaslužniji za postojanje akceleratora sa slike u Zagrebu).



Kako se nekoć mjerilo . . . ploštinu

Zvonimir Jakobović

Mjerenje ploštine zemljišnih površina spada u najstarija mjerenja. Zemlja je u smislu upotrebljive površine ograničeno dobro. Ona se ne može nikakvim načinom povećavati, umnažati ili "proizvoditi", može se samo, onoliko koliko je ima, na neki način uzeti, bilo od prirode (močvara, mora, prašuma ili pustinja), bilo kupiti ili uzeti od kojega drugog posjednika zemlje. Zemlja je stoga od pamtiviljeka bila i ostala najvećom svetinjom pojedinca, skupina i naroda, ona je i danas svetinja svake države, koju često nazivamo i sličnoznačnicom "zemlja". Stoga je često bila i uzrokom sporenja oko vlasništva, prava ili upotrebe. Za "pedalj zemlje" kroz cijelu je povijest dolazilo do sukoba, pala je mnoga susjedska glava, a među uzrocima ratova gotovo je odreda bila zemlja (je li to samo prošlost?). Stoga je razumljivo da je osnova svakog poretka u ljudskom društvu bilo jasno određenje vlasništva nad zemljom ili prava na zemlju, za obradu, za gradnju ili za bilo koju drugu upotrebu. Jedna je od najstarijih "egzaktne vještine" bilo mjerenje zemlje, što pokazuje i naziv matematičke discipline geometrije, koju još Belostenec u svom "Gazofilaciju" tumači:

*Geometria Zemlje merenje,
kopnomerje, mestria zemlje merenja.*

Mjerne jedinice ploštine

Ploština se ne mjeri izravno nekom pramjerom, nego se mjeri posredno, mjerenjem duljina, te iz tih podataka određuje računajem. Jedinica duljine je zamišljeni kvadrat sa stranicama jednolične duljine, stoga su jedinice ploštine kvadrati jedinica duljine. Od najstarijih hrvatskih rječnika i leksikona latinski se naziv *quadratus* tumači kao četverokut, četvorina i sl., te se tako uz pridjev kvadratni rabilo četverokutni ili četvorni. Stoga i nazivi jedinica ploštine u hrvatskom jeziku imaju taj pridjev. Danas jedinice ploštine označujemo znakom jedinice duljine i matematičke operacije kvadriranja (četvorni metar označujemo m², četvorni kilometar km² itd.). Nekada to nije bilo tako, ne-

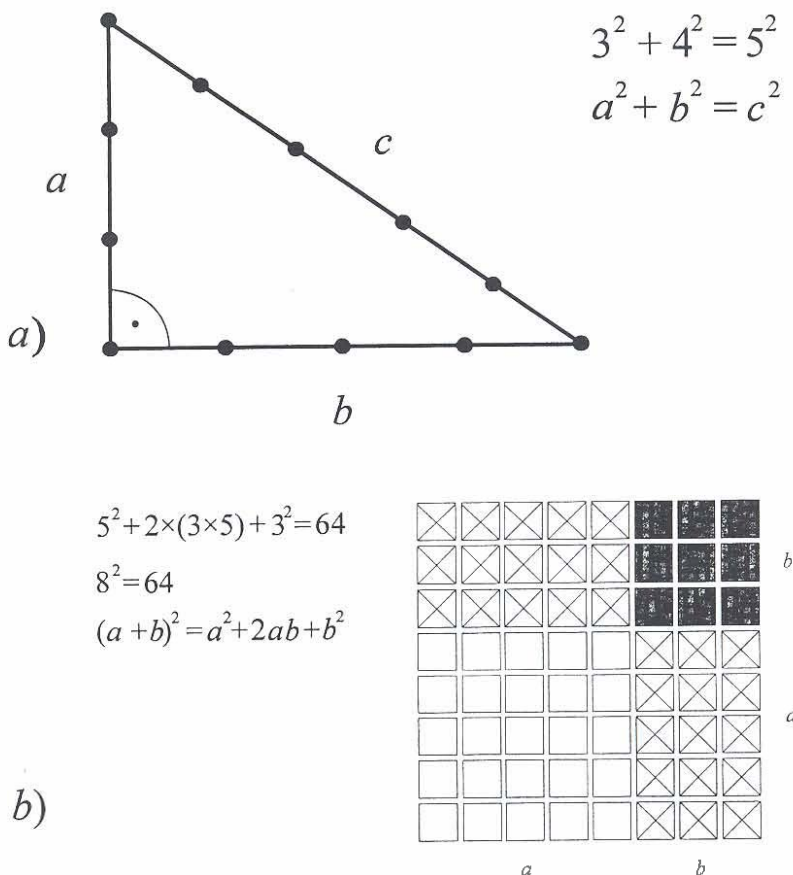
go se označivalo skraćenicom čet., čv, č, q ili slično (kao što je i danas u engleskom sq. ili sq), ili kvadratićem ispred znaka ili naziva jedinice (na primjer: četvorni hvat čhv ili □hvat, a četvorni metar se još u vrijeme uvođenja Metarskog sustava označivao qm ili □m).

Za takvo je mjerenje i računanje potrebno poznavanje nekih geometrijskih zakonitosti, najmanje konstruiranje pravoga kuta, trokuta, kvadrata, pravokutnika i drugih četverokuta, te računanje njihovih ploština. Stoga nije neobično da se u prvim kulturama nastalim u plodnim porječjima Mezopotamije i Egipta geometrija razvila za potrebe izmjere zemljišta, što tumači i njezin naziv. I obratno, geometrija je

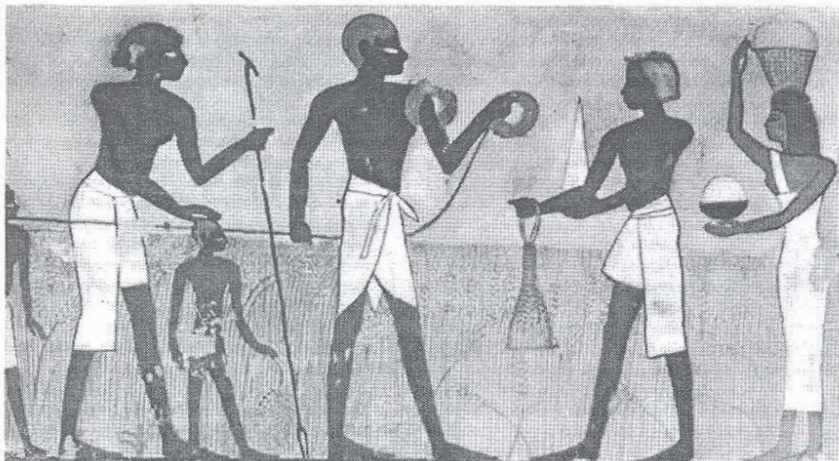
dugo bila istoznačnica mjeriteljstvu, pa još B. Šulek¹ geometriju prevodi kao mjerstvo, a i mi danas još pod mjernikom mislimo na geometra.

No osim ovog, recimo ispravnog načina mjerenja ploština, ljudi su od davnina procjenjivali ploštinu na razne zorne načine, na primjer "koliko se okom obuhvati", "koliko se za dan obiđe", ili koliko se može u jednom danu obaviti nekog poljodjelskog posla: oranja, kopanja, košenja i sl. Pri tomu su se čak razlikovali ljetni (dulji) i zimski (kraći) dan. Tomu je trag u nazivima jedinica ploštine obradiva zemljišta,

¹ B. Šulek, Hrvatsko-njemačko-talijanski rječnik znanstvenog nazivlja. Zagreb 1874/75; pretisak, Globus, Zagreb 1990.



Sl. 1. Za posredno mjerenje ploštine valjalo je znati neke geometrijske zakonitosti. Još su stari Egipćani znali konstruirati pravi kut pomoću, danas bi rekli Pitagorinih brojeva 3, 4 i 5 (a), ili računati kvadrat zbroja dviju duljina, zorno dokazujući potrebnu "formulu" (b).



Sl. 2. Crtži na zidovima egipatskih piramida predočuju mjerenje ploštine obradiva zemljišta mjerenjem duljina stranica pomoću mjerne užadi (preuzeto iz knjige L. Hogben, *Sve o matematičici*. Mladost, Zagreb 1977.)

koje su istina poslije bile i normirane, a neke su se od njih zadržale do naših dana, kao što su ral, jutro, lanac, motika i sl. Ponekad se kao "mjera" zemljišta rabila količina sjemena koja je potrebna da se ta zemlja "dobro zasije", kao što je, na primjer, bio vagan.

U nas su se rabile mnoge i različite jedinice ploštine zemljišta koje su ili imale oslonac u antičkim jedinicama ili su bile određene na mah. Tako se spominje orgija vrijednosti 1/2000 rala, što bi bilo oko 2,88 m² (grč. orgia, hvat, bila je starogrčka jedinica duljine, vrijednosti oko 1,85 m, stoga se mislilo na četvornu orgiju). U okolici Dubrovnika doskora se rabila jedinica dubrovačka zlatica, koja je navodno bila određena ploštinom koju je zauzimao knežev dvor na Šipanu. Još Belosteneć navodi "ral zemlje" i "den rali" za lat. *jugerum terae* (jutro zemlje).

U feudalnim se odnosima u Hrvatskoj, sve do ukidanja kmetstva 1848. godine, za obradivu zemlju ustupljenu kmetu rabila zemljišna jedinica (kmet-sko) selište, koja je iznosila oko 20 (mađarskih) jutara. Koliko su te "jedini-

ce" bile nesigurne govori i podatak da se selištu obično dodavalo na uživanje još 4 do 22 jutra pašnjaka, te pravo na ogrjevno i građevno drvo iz vlastelinskih šuma! Stoga je podatak o broju selišta nekog posjeda bio više mjera gospodarske snage nego ploštine zemljišta u današnjem smislu.

Mjera za polje spominje se ili prastarom hrvatskom riječi, vreteno, ili latinskim nazivom *atartrum* (plug) ili *juger ral*, s toga mislimo, da vreteno i ral jedno te isto znače. Oveći zemljišni prostor, a osobito prigodom razvidja medjah, nije se mjerom mjerilo, njegov obseg obično bi okom prosudili (*mensurare visu*).

Povjestni spomenici Zagreba?

U trenutku uvođenja Metarskog sustava u Hrvatskoj 1876. godine u praktičnoj su upotrebi zatečene sljedeće mjerne jedinice ploštine:

čtvorna stopa (označivala se znakom □stopa, □) vrijednosti ≈ 0,1 m²,

² I. Tkalčić, *Povjestni spomenici slob. kralj. grada Zagreba*, Zagreb 1889

čtvorni hvat (označivan znakom □hvāt, □^o, ili poslije čhv), vrijednosti 3.596.652 m² ≈ 3,6 m², jedinica koja se kroz zemljišne knjige zadržala gotovo do naših dana, stoga se još i danas čuje da je ploština nekog "grunta" ili "trsja" "toliko i tolko hvati", pri čemu se ne misli na jednicu duljine nego na četvorne hvate,

bečko jutro, katastarsko jutro ili ral (svojedobno je mjesno i vremenski bilo vrlo različito, od oko 2 do oko 9 tisuća četvornih metara, normirano 1785. godine kao 1600 četvornih hvati), vrijednosti 5.754.642 m² ≈ 0,575 hektara,

mađarsko jutro (bilo je mnogo manje, samo 1200 četvornih hvati), vrijednosti 4.315,98 m² ≈ 0,43 hektara,

bečki vagan (bio je naziv za 1/3 jutra), vrijednosti 1918,21 m² ≈ 0,19 hektara,

lanac (posljednji put normiran kao 2.000 četvornih hvati), vrijednosti 7.193,3 m² ≈ 0,71933 ha

dunum, dulum ili dan oranja (jedinica turskog podrijetla, svojedobno odmjeravana kao kvadrat sa stranicama od po 40 koraka, što je iznosilo oko 900 m²), vrijednosti 1000 m² = 0,1 hektar.

U austrijskom su dijelu Austro-Ugarske u zemljišnim knjigama stare jedinice ploštine preračunane u metarske još 1873. godine. U ugarskom dijelu, a to je i cijela Hrvatska osim Dalmacije i Istre, to nije načinjeno. Stoga su se, tromešću zemljišnih knjiga, u većem dijelu Hrvatske neke od tih starih jedinica ploštine zemljišta zadržale doskora, te su tek u posljednje vrijeme, uspostavljajanjem računalnih baza podataka, preračunavale u četvorne metre, are i hektare. Ipak, svi oni koji se bave zemljištem moraju radi čitanja starih nacrti, planova i drugih dokumenata znati vrijednosti starih jedinica ploštine.



Sl. 3. Prikaz mjerenja zemljišta na posjedu Čakovec iz 17. stoljeća (preuzeto iz knjige Z. Herko, *Naše stare mjere i utezi*. Školska knjiga, Zagreb 1973.)

TEMELJNE PRIRODNE STALNICE

Veličina	Znak	Vrijednost	Jedinica	Relativna nesigurnost ² , u/10 ⁻⁶
Opće stalnice				
Brzina svjetlosti u zrakopraznom prostoru	c_0	299 792 458	m/s	točno
Permeabilnost zrakopraznog prostora		$4 \pi =$ $= 12,566\,370\,614$	10^{-7} N/A	točno
Permitivnost zrakopraznog prostora	ϵ_0	$1/(\mu_0 c_0^2) =$ $= 8,854\,187\,817$	10^{-12} F/m	točno
Gravitacijska stalnica	G	$6,672\,59\,(85)^3$	10^{-11} m ³ kg ⁻¹ s ⁻²	128
Planckova stalnica	h	$6,626\,075\,5\,(40)$	10^{-34} J s	0,60
$h/\{e\}$		$4,135\,669\,2\,(12)$	10^{-15} eV s	0,30
$h/(2 \pi)$	\hbar	$1,054\,572\,66\,(63)$	10^{-34} J s	0,60
		$6,582\,122\,0\,(20)$	10^{-16} eV s	0,30
Planckova masa $(\hbar c/G)^{1/2}$	m_P	$2,176\,71\,(14)$	10^{-8} kg	64
Planckova duljina $\hbar/(m_P c) = (\hbar G/c^3)^{1/2}$	l_P	$1,616\,05\,(10)$	10^{-35} m	64
Planckovo vrijeme $l_P/c = (\hbar G/c^5)^{1/2}$	t_P	$5,390\,56\,(34)$	10^{-44} s	64

